भौतिकी शास्त्रातील नोबेल पारितोषिक विजेते

भाग १

अनुवादक : [illegible]

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ मुंबई

भौतिकी शास्त्रातील नोबल पारितोषिक विजेते

Nobel Prize Winners in Physics 1901-1910

by Niels H. de. V. Heathcote.

या पुस्तकाचा अनुवाद

अनुवादक

चं. रा. तळपदे

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ

किंमत रुपयें १२/-

निवेदन

डॉ. चं. रा. तळपदे यांनी अनुवादित केलेल्या "भौतिक शास्त्रातील नोबेल पारितोषिकाचे मानकरी" (सन १९०१ ते १९५०) या पुस्तकाच्या पहिल्या भागाचे प्रकाशन करण्याचा आज योग येत आहे. या पुस्तकाचे प्रकाशन एकूण पाच भागात होणार असून त्यापैकी इ. स. १९०१ ते १९१० या काळातील भौतिक शास्त्रातील नोबेल पारितोषिक विजेत्यांचा अल्पपरिचय व त्यांच्या ज्या संशोधनास नोबेल पारितोषिक मिळाले आहे त्याची थोडक्यात माहिती या भागात करुन देण्यात आली आहे. अन्य चार भागांचे प्रकाशनही अल्पावधीत करण्यात येईल. वाचक या सर्वच पुस्तकांचे स्वागत करतील अशी आशा आहे.

सुरेंद्र बारलिंगे
अध्यक्ष,
महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ.

४२, यशोधन,
मुंबई - ४०० ०२०,
दि. १५ ऑगस्ट, १९८३.

प्रस्तावना

साधारण पधरा सोळा वर्षापूर्वी रसायन शास्त्रातील नोबेल पारितोषिक विजेते (१९०१-१९५०) हे माझे पुस्तक पाच भागात प्रसिद्ध झाले. या पुस्तकाचे महाराष्ट्रात जे स्वागत झाले, त्यामुळे अुत्तेजन मिळून मी मूलतत्वांचा शोध व रसायनशास्त्राचे कारागीर (भाग १ ते ६) ही पुस्तके लिहिली व ती व्हीनस प्रकाशनाने प्रसिद्ध केली. या दोन पुस्तकास महाराष्ट्र साहित्य व संस्कृती मंडळाचा पुरस्कारही मिळाला. रसायनशास्त्राचा भौतिकीशास्त्राशी फार जवळचा संबंध आहे. प्राध्यापक म्हणून भौतिकी रसायनशास्त्र शिकवत असता त्यातील काही विषय भौतिकीशास्त्रात मोडत असल्याचे आढळून येत होते. त्यामुळे भौतिकीशास्त्रातील नोबेल पारितोषिकांचे विजेते असे पुस्तक लिहावे हा विचार माझ्या मनात बरेच दिवस घोळत होता. पण पुस्तकाच्या लेखनास अवश्य तितका वेळ मिळत नव्हता. १९७५ साली प्राध्यापकीय कामातून मुक्त झाल्यानंतर भरपूर मोकळा वेळ मिळू लागला. त्यावेळी भौतिकीशास्त्राचा पुन्हा नव्याने अभ्यास करून या पुस्तकाच्या लेखनास हात घातला. सुदैवाने याच विषयावरचे नील्स अेच्. डी. व्ही. हीथकोट यांचे पुस्तक (न्यूयॉर्कच्या हेन्री शुमन कंपनीने प्रसिद्ध केलेले) हाती आले. ते पुस्तक वाचून अभ्यासल्यावर स्वतंत्र वेगळे पुस्तक लिहिण्याऐवजी, त्याच पुस्तकाचा अनुवाद करावा असे मी ठरवले. तो अनुवाद तयार केल्यानंतर बरेच दिवस माझ्यापाशीच होता. पुस्तकाची एकंदर पृष्ठसंख्या पाहाता महाराष्ट्रातला प्रकाशक या पुस्तकाचे प्रकाशन हाती घेईल का, अशी शंका वाटू लागली. काही प्रकाशकाबरोबर पत्र व्यवहार करता, ही शंका खरी ठरली. त्यानंतर माझे मित्र प्रो. प. म. बर्वे यांच्या सुचनेवरुन हे पुस्तक महाराष्ट्र साहित्य व संस्कृती मंडळ प्रसिद्ध करील का, हे पाहण्याचे मी ठरविले व त्याप्रमाणे पुस्तकाचे हस्तलिखित मंडळाकडे नेऊन दिले. मंडळाने पुस्तक प्रसिद्ध करण्याचे ठरवले व त्याप्रमाणे पुस्तक आता प्रसिद्ध होत आहे. पुस्तकाचे प्रकाशन हाती घेतल्याबद्दल महाराष्ट्र साहित्य व संस्कृती मंडळाचे व त्या मंडळाच्या अध्यक्षांचे आभार मानणे माझे कर्तव्य आहे व ते मी मोठ्या आनंदाने पार पाडत आहे. मंडळाचे अध्यक्ष डॉ. सुरेन्द्र बारलिंगे यानी पुस्तकाचे हस्तलिखित स्वत: वाचून पाहिले आणि नंतरच निर्णय घेतला.

या आधीच्या " रसायनशास्त्रातील नोबेल पारितोषिकाचे मानकरी " या पुस्तकासारखीच या पुस्तकाची रचना आहे. पारितोषिक विजेत्यांचा थोडक्यात परिचय, ज्या कामाबद्दल पारितोषिक मिळाले त्या कामाची माहिती व त्या कामामुळे संशोधनावर व विज्ञानावर झालेला परिणाम अशी या पुस्तकाची साधारण

रचना आहे. मराठी वाचकांच्या हातात अेक जाडजूड ग्रंथ दिल्यास, तो कदाचित बिचकेल व ग्रंथ वाचण्याच्या भरीस पडणार नाही असे वाटून ग्रंथ पाच भागात प्रसिद्ध केला आहे. १९०१ ते १९५० या पन्नास वर्षांच्या कालखंडाचे दहा वर्षांचा एक असे पाच कालखंड करून प्रत्येक कालखंडासाठी एक भाग, अशा तऱ्हेने पाच भागात हे पुस्तक प्रसिद्ध होत आहे. या पुस्तकात पारितोषिक विजेत्याच्या चरित्रावर विशेष भर दिलेला नाही. ज्या कामाबद्दल पारितोषिक मिळाले, त्या कामाची माहिती देण्यावरच भर दिला आहे. पारितोषिक वितरणाचा समारंभ दर वर्षी स्वीडनमध्ये होतो. त्यावेळी पारितोषिक विजेता समारंभस्थळी जमलेल्या विद्वान मंडळीपुढे आपल्या संशोधनाची माहिती देणारे व्याख्यान देतो. संशोधकांची अशी माहितीपूर्ण व्याख्याने पुस्तकरूपाने प्रसिद्ध झाली आहेत. त्या व्याख्यानांच्याच आधारे हीथकोट यांनी आपले पुस्तक लिहिल्याने त्या पुस्तकाचाच अनुवाद मी केला आहे. अनुवाद करताना महाराष्ट्र शासनाला मान्य असलेली परिभाषा व त्या शासनाचा पदनाम कोष यांचा मुक्त हस्ताने वापर केला आहे. ज्या ठिकाणी इंग्रजी संज्ञेला मराठी प्रतिशब्द मिळाला नाही, त्याठिकाणी मूळचाच इंग्रजी शब्द ठेवला आहे. किंवा सुचेल तो मराठी प्रतिशब्द दिला आहे.

चरित्राच्या मिषाने विज्ञानविषयाची माहिती सांगता येते व ती वाचताना वाचक कंटाळत नाही असा अनुभव असल्याने, नोबेल पारितोषिक विजेत्यांची चरित्रे सांगायला घेतली आहेत. या चरित्राबरोबर दिलेली माहिती वाचल्यानंतर १९०१ पासून भौतिकीशास्त्राचा विकास कसा होत गेला याचे चित्र डोळ्यासमोर येईल. तसेच मोठमोठे शोध अल्प श्रमानी लागत नाहीत, त्यासाठी अपार कष्ट उपसावे लागतात याबद्दल वाचकांची खात्री होईल.

१९५० नंतर रसायनशास्त्राचा व भौतिकीशास्त्राचा विकास कसा झाला हे समजण्यासाठी १९५१ ते १९८२ च्या नोबेल पारितोषिक विजेत्यांची चरित्रे लिहायला पाहिजेत किंवा एक वेगळा ग्रंथ लिहीला पाहिजे.ते काम कोणातरी तरुण लेखकाने उचलावे अशी इच्छा प्रगट करावीशी वाटते.

अेखादा खाद्य पदार्थ तयार केल्यानंतर, त्याचे केवळ वर्णन करून भागत नाही, तो खाऊन पाहावा लागतो. तेव्हाच त्याची चव समजते. त्याच न्यायाने हे पुस्तक वाचून पहावे व मग आपले मत बनवावे ही विनंती,

२२-६-१९८३

— चं. रा. तळपदे

अनुक्रमणिका

प्रथमखंड

विल्हेल्म कॉन्राड रॉन्टजेन

हर्बर्ट अॅन्ट्रन लॉरेन्ट्झ

पीटर झीमन

अॅन्टॉइने हेन्री बेक्वेरेल

१९०१
विल्हेल्म कॉनरॉड रॉन्टजेन
१८४५ – १९२३
" क्ष किरणांच्या शोधाबद्दल नोबेल पारितोषिक "
चरित्र

विल्हेलम कॉनरॉड रॉन्टजेन या जर्मन शास्त्रज्ञाचा जन्म २७ मार्च १८४५ रोजी, प्रशियन -हाइन प्रांतातील, लेनेप या गावी झाला. हॉलंडमधील उट्रेक्ट गावी प्राथमिक शिक्षण घेतल्यानंतर, त्याने स्वित्झरलंडमधील झुरिचच्या पॉली-टेक्निकमध्ये प्रवेश मिळविला व १८६९ मध्ये झुरिचच्या विद्यापीठाची पी.एच्.डी. पदवी मिळविली. यावेळी झुरिच पॉलीटेक्निकमध्ये ऑगस्ट कुंट हे भौतिकीशास्त्राचे प्राध्यापक होते व ध्वनी विषयक संशोधनाने त्याना खूप प्रसिद्धी मिळाली होती. १८६९ मध्ये बव्हारियातील वुर्झबर्ग विद्यापीठामध्ये कुंटची भौतिकशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक झाली. झुरिचमध्ये रॉन्टजेन कुंटचा सहाय्यक होता. वुर्झबर्गमध्येही त्याने कुंटचा सहाय्यक म्हणून काम केले. १८७२ मध्ये नव्यानेच स्थापन झालेल्या स्ट्रासबर्ग विद्यापीठात कुंटची नेमणूक झाली व तेथेही त्याने कुंटच्या हाताखाली काम केले.१८७४मध्ये रॉन्टजेनला 'प्रिव्हाटडोझंट' म्हणून काम करण्यास सरकारी मान्यता मिळाली.प्रिव्हाटडोझंटला विद्यार्थ्यांना शिकविण्याबद्दल विद्यापीठाकडून पगार मिळत नाही. हाताखाली शिकणारे विद्यार्थी मात्र अशा प्राध्यापकांना गुरुदक्षिणा देतात. यानंतर एक वर्षाने म्हणजे१८७५ मध्ये होहेनहीम मधील अ‍ॅग्रिकल्चरल अ‍ॅकेडमीमध्ये गणित व भौतिक शास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून रॉन्टजेनची नेमणूक झाली.१८७६मध्ये तो तेथून स्ट्रासबर्गला कुंटचा सहाय्यक प्राध्यापक म्हणून गेला. १८७९ मध्ये गीसेन विद्यापीठात रॉन्टजेनची भौतिकी-शास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक झाली, व तेथील फिझिकल इन्स्टिटयूटचे संचालकपद त्याच्याकडे आले. येथे तो १८८५ पर्यंत होता. १८८५ मध्ये तो वुर्झबर्गला व तेथून १९०० मध्ये म्युनिचला गेला. वुर्झबर्ग व म्युनिच या दोन्ही ठिकाणी त्याने भौतिकी शास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून काम पाहिले. १० फेब्रुवारी १९२३ रोजी, म्युनिचमध्ये त्याचा मृत्यू होईपर्यंत तो भौतिकीशास्त्राचे अध्यापन करीत होता.

भौतिकीशास्त्राच्या बहुतेक सर्व शाखामध्ये रॅन्टजेनने संशोधन कार्य केले आहे. वायुची कायम दाबाखालील विशिष्ठ उष्णता व कायम घनफळाला असणारी विशिष्ठ उष्णता यांचे परस्पर प्रमाण ठरविण्याचे कार्य त्याने १८७०–१८७३ या तीन वर्षात केले. सार्द्र हवेकडून रक्तपूर्व किरणांचे शोषण या विषयावर त्याने १८८४ मध्ये संशोधन केले. त्याच वर्षी दाबाचा विष्यंदितेवर परिणाम या विषयीचे त्याचे संशोधन प्रसिद्ध झाले. दाब दिल्यावर विलयने किती आकसू शकतात किंवा त्यांच्या आकारमामात किती घट होते, सूक्ष्मनलिकांचे गुणधर्म, स्थितीस्थापकत्व आणि निरनिराळ्या द्रवांच्या वक्रीभवनांकावर दाबाचा परिणाम, या विषयावरही त्याने संशोधन केले आहे, स्फटिक तापविल्यावर किंवा थंड केल्यावर निर्माण होणाऱ्या विद्युतविषयी त्याने संशोधन केले आहे. तसेच स्फटिकावर दाब दिल्यावर होणाऱ्या विद्युतनिर्मितीबद्दलही त्याने संशोधन केले आहे. क्वार्टझचे (गारगोटीचे) विद्युत व प्रकाशीय गुणधर्म आणि प्रकाशपरिवर्तन पातळीवर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम हे विषयही त्यांच्या संशोधन क्षेत्रात आले. त्याने केलेल्या सर्व संशोधनात वुर्झबर्गमध्ये त्याने केलेले क्ष किरण विषयीचे संशोधन विशेष प्रसिद्ध आहे.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले कार्य

निर्वातात वीजेचे वहन कसे होते याचा अभ्यास करीत असता, रॅन्टजेनला क्ष किरणांचा शोध लागला. भौतिकीशास्त्रातील बऱ्याचशा नोबेल पारितोषिक विजेत्यांच्या संशोधनाचा विषय, अत्यंत कमी दाबाखाली असलेल्या वायुमधून विद्युतवहन हा असल्याने, ज्या नलिकेतून विद्युतवहन करायचे त्या नलिकेतील वायुचा दाब कमी करीत, त्यातून विद्युतवहन चालू ठेवले तर काय होते याची माहिती प्रथमतः करुन घ्यायला पाहिजे. नलिकेतील वायु, वातावरणाइतक्या दाबाखाली असल्यास व नलिकेतील विद्युतकेंद्रे परस्परापासून फार अंतरावर नसल्यास, विद्युतवहन सुरु केल्यावर त्या विद्युतकेंद्रामध्ये विद्युतस्फुल्लींग पडतात. नलिकेतील हवेचा दाब कमी केल्यास, विद्युतकेंद्रातील अंतर काहीसे वाढविले तरीही विद्युत-स्फुल्लींग पडतात. नलिकेतील वायुचा दाब याहून कमी केल्यास, एका विद्युतकेंद्राकडून दुसऱ्या विद्युतकेंद्राकडे जाणाऱ्या समांतर विद्युत स्फुल्लींगांची एक मालिकाच तयार होते. वायुचा दाब याहून कमी केल्यास विद्युत स्फुल्लींग मालिकेऐवजी एक लालसर गुलाबी रंगाचा पट्टा दिसू लागतो. हा गुलाबी रंगाचा पट्टा धनविद्युतकेंद्रा-पासून जवळजवळ सर्व नलिकेभर पसरलेला असतो. फक्त हा पट्टा ऋणविद्युत केंद्रापर्यंत पूर्णपणे पोचलेला नसतो. ऋणविद्युतकेंद्र व हा गुलावी रंगाचा पट्टा यामध्ये काहीसा काळसर अप्रकाशित भाग असतो. हा काळसर भाग प्रथमतः

मायकेल फॅराडे या शास्त्रज्ञाच्या लक्षात आला. यामुळे हा काळसर पट्टा फॅराडे कृष्णपट्टा म्हणून ओळखला जातो. ऋणविद्युतकेंद्राभोवती निळसर प्रकाश असतो. नलिकेतील हवेचा दाब दीड सेंटीमीटर (पाऱ्याची उंची) इतका असल्यास हा प्रकार दिसून येतो. हवेचा दाब याहून कमी करुन एक मिलीमीटर इतका नेल्यास, गुलाबी रंगाचा व धनविद्युतभाराचा पट्टा, धनविद्युतकेंद्राच्या दिशेने कमी कमी होऊ लागतो व त्याचबरोबर तो सलग दिसण्याऐवजी त्यात वेगवेगळे थर दिसू लागतात व फॅराडे कृष्णपट्टा धनविद्युत केंद्राच्या दिशेनें खिचतो. ऋणविद्युतकेंद्राभोवती एक अगदी पातळसा प्रकाशमय पट्टा दिसतो. ऋणविद्युतकेंद्राभोवतालच्या व धनविद्युत केंद्राभोवतालच्या प्रकाशमय पट्ट्यामध्ये आणखी एक कृष्णवर्णी पट्टा दिसू लागतो. या नवीन कृष्णवर्णी पट्ट्याला, सर विल्यम क्रूक्स्ने १८७० पासून याच विषयात केलेल्या संशोधनाची आठवण म्हणून क्रूक्स्चे नांव दिले आहे. हवेचा दाब एक मिलीमीटरहूनही कमी केल्यास, क्रूक्स्च्या कृष्णवर्णी पट्ट्याची व्याप्ती वाढू लागते व सर्व नलिकेतील प्रकाश लुप्त होतो. त्याबरोबर नलिकेचा आतला पृष्ठभाग प्रकाश देऊ लागतो. नलिकेचा अंतर्पृष्ठभाग प्रकाश देऊ लागण्याचा प्रकार, आतील हवेचा दाब एक शतांश मिलीमीटर इतका असल्यास दिसून येतो. हवेचा दाब याहूनही कमी केल्यास, नलिकेच्या अंतर्पृष्ठभागापासून बाहेर पडणारा प्रकाश वाढू लागतो.

एक शतांश मिलीमीटरहून कमी दाबाखाली, नलिकेच्या अंतर्पृष्ठभागापासून निघणाऱ्या प्रकाशाचे संशोधन करीत असता, रॉन्टजेनला क्ष किरणांचा शोध लागला. रॉन्टजेनचे प्रयोग चालू असता, बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइड या रसायनाचा थर दिलेला एक कागद नलिकेजवळ पडला होता. प्रयोग सुरु होऊन, नलिकेचा अंतर्पृष्ठभाग प्रकाश देऊ लागल्यावर, तो बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडचा थर दिलेला कागदही प्रकाश देऊ लागला

आपल्या प्रयोगाचा वृत्तांत रॉन्टजेनने १८९५ च्या डिसेंबर महिन्यात वारबर्गच्या फिझिको केमिकल सोसायटीला सादर केला. त्या वृत्तांतावरुन पुढील हकीकत दिली आहे,

नवीन प्रकारचे किरण

(१) हिटॉर्फ नलिका किंवा लेनार्ड नलिका किंवा क्रूक्स् नलिका यासारख्या जवळ जवळ निर्वात असलेल्या नलिकेतून, रुम्कॉर्फ यंत्रापासून मिळणारा विद्युत्प्रवाह जाऊ दिल्यास, त्या नलिकेभोवती पातळसे काळ्या कार्डबोर्डचे आवरण असले तरी,

काळोख्या खोलीत अशा नलिकेजवळ बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडचा लेप दिलेली कागदाची बाजू किंवा दुसरी बाजू नलिकाभिमुख असली तरी व कागद नलिके-पासून दोन मीटर अंतरापर्यंत धरला तरी, तो कागद प्रकाशमय होतो असे आढळले आहे.

बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडचा कागद प्रकाशमय होण्याचे कारण, नलिके-तून जाणाऱ्या विद्युतप्रवाहात आहे हे उघड आहे. त्याचे कारण दुसरीकडे शोधण्याची जरुर नाही.

(२) बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडचा कागद प्रकाशमय होण्यामधील एक महत्वाची गोष्ट ही की त्या प्रकाराला कारणीभूत होणारी गोष्ट, क्रूक्स् नलिकेभोवती अस-लेल्या काळचा कार्डबोर्डच्या आवरणातून बाहेर येऊ शकते पण याच कार्डबोर्डच्या आवरणातून दृश्य किरण व सूर्यप्रकाशातील किंवा विद्युतस्फुल्लींगातील नीळातीत किरण बाहेर येऊ शकत नाही. त्यामुळे हा विशिष्ठ गुणधर्म ज्या गोष्टीत आहे,त्या गोष्टीचे प्रथमत: संशोधन केले पाहिजे. ही जी गोष्ट आहे ती बहुतेक सर्व पदार्थी-तून कमी अधिक प्रमाणात पलीकडे जाऊ शकते. कागदामधून ती गोष्ट आरपार जाऊ शकते.हजार एक पानांचे पुस्तक मी क्रूक्स् नलिका आणि बेरीयम प्लॅटिनोसा-यनाइडचा लेप दिलेला कागद यामध्ये धरले तरी तो कागद प्रकाशमय झाला. खेळायच्या पत्त्यांच्या दोन पॅकमधूनही ती गोष्ट बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडच्या कागदावर आली.खेळायचा साधा एक पत्ता,क्रूक्स् नलिका आणि बेरीयम प्लॅटिनोसा-यनाइडचा लेप दिलेला कागद, यामध्ये धरल्यास,तो पत्ता मध्ये धरल्याचे लक्षातही येत नाही. टिनच्या पत्र्याच्या बाबतीतही तसाच प्रकार आहे. टिनचा एकच पत्रा असल्यास, क्रूक्स् नलिकेतून बाहेर पडणारी ती गोष्ट अडविता येत नाही. तो पत्रा त्या गोष्टीस पारदर्शक आहे. बरेचसे टिनचे पत्रे, क्रूक्स् नलिकेभोवती धरल्यास, त्यांचे पारदर्शकत्व कमी होऊन, त्यांची छाया दिसू लागते. लाकडाच्या जाड जाड पट्टयाही त्या गोष्टीस पारदर्शक आहेत. दोन-तीन सेंटीमीटर जाडीची पाइनची पट्टी असली तरी ती मध्ये धरण्याने, बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडचा कागद पहिल्या-सारखाच प्रकाशमय होतो. पंधरा मिलीमीटर जाडीचा ॲल्युमिनियमचा पत्रा,क्रूक्स् नलिकेजवळ धरल्यास बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडच्या कागदातून स्फुरणाऱ्या प्रका शाची तीव्रता कमी होते. व्हल्कनाइटचा कित्येक सेंटीमीटर जाडीचा तुकडा, क्रूकस नलिकेजवळ धरला तरी, ती गोष्ट पहिल्यासारखीच बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडच्या कागदापर्यंत येऊन पोचते, या गोष्टीचा थोडक्यात उल्लेख करण्यासाठी मी किरण हा शब्द वापरणार आहे व इतर सर्व किरणापासून त्यांचे निराळेपण दाखविण्याकरता

क्ष' किरण हा शब्द वापरणार आहे. सारख्याच जाडीच्या काच पट्टया, क्रूक्स नलिका व बेरीयम प्लॅटिनोसायनाइडचा कागद यामध्ये धरल्यास, काचपट्टीत शिशाचा अंश किती आहे यावर तिचे पारदर्शकत्व अवलंबून असल्याचे दिसते. काचपट्टीत शिशाचा अंश असल्यास, तिचें पारदर्शकत्व कमी होते. शिशाचा अंश तिच्यामध्ये अजिबात नसल्यास काचपट्टी पूर्णपणे पारदर्शक असते. क्रूक्स नलिका व बेरीयम प्लॅटिनो-सायनाइडचा कागद यामध्ये आपला हात धरल्यास हाताची सावली त्या कागदावर पडते. हातातल्या हाडांची सावली जास्त गडद असते, तर हाडाभोवतालच्या मांसल भागाची सावली पुसटशी असते. एका बाजूला शिशाच्या संयुगाचा थर दिलेला लाकडाचा चौरस ठोकळा, त्या किरणामध्ये ज्या प्रकारे ठेवावा त्या प्रकारावर त्याचे पारदर्शकत्व अवलंबून असते. म्हणजे शिशाच्या संयुगाचा थर, किरणांच्या मार्गात आल्यास, लाकडाच्या ठोकळ्याची सावली पडते. पण शिशाच्या संयुगाचा थर, किरणांना समांतर असल्यास लाकडांच्या पारदर्शकत्वात काहीही फरक होत नाही. घन स्वरुपात किंवा द्रावण स्वरुपात निरनिराळ्या धातुंचे क्षार, याचप्रमाणे वापरुन ते किती प्रमाणात क्ष किरण शोषून घेतात याचा क्रम लावता येतो.

कॅथोड किरण ॲल्युमिनियमच्या पातळ पत्र्यातून आरपार धाडण्याचा एक सुंदर प्रयोग लेनार्डने केला आहे, त्या प्रयोगावरून त्याने असा निष्कर्ष काढला की सर्व भौतिक वस्तुतून जाताना, ते किरण विकरण पावतात व विखुरले जातात. कॅथोड किरणाविषयी लेनार्डने जे विधान केले आहे, बरोबर तेच विधान क्ष किरणा-विषयी करता येईल.

कॅथोड किरण व क्ष किरण यामध्ये सहज लक्षात येण्यासारखा एक महत्वाचा फरक आहे. चांगले जबरदस्त चुंबकीय क्षेत्र वापरले तरी त्या क्षेत्रामुळे क्ष किरण जाण्याच्या दिशेने काहीही फरक होत नाही, असे मला आढळले आहे.

कॅथोड किरणांचा आतापर्यंत लक्षात आलेला एक महत्वाचा गुणधर्म हा की चुंबकीय क्षेत्रामुळे कॅथोड किरण जाण्याच्या दिशेत फरक होतो. कॅथोड किरण ज्या दिशेने जात असतात, त्या दिशेशी काटकोन करणाऱ्या दिशेकडे ते चुंबकीय क्षेत्रा-मुळे वळतात. कॅथोड किरणाविषयी प्रयोग करीत असता, हर्ट्झ व लेनार्ड याना असे आढळले की निरनिराळ्या कॅथोड किरणांची स्फुरदीप्ती किंवा फॉस्फोरेसन्स घडवून आणण्याची शक्ति भिन्न भिन्न असते. पदार्थात शोषले जाण्याची शोषण शक्यता आणि चुंबकीय क्षेत्रामुळे जाण्याच्या दिशेत बदल या बाबतीतही निरनि-राळे कॅथोड किरण भिन्नत्व दाखवतात. तरी एका बाबतीत निरनिराळे कॅथोड किरण एकमेकासारखे वागतात. कॅथोड किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम

होऊन, ते किरण जाण्याच्या दिशेत नक्की बदल होतो व तो बदलही एकच प्रकारचा असतो.

डिसचार्ज नलिकेतील ज्या भागात जोरदार स्फुरदीप्ती असते, त्या भागा-तच क्ष किरणांची उत्पत्ती होते असे आतापर्यन्तच्या आमच्या प्रयोगानी सिद्ध झाले आहे. उत्पत्ती झाल्यानंतर क्ष किरण मग सर्व दिशाकडे जातात. कॅथोड किरण डिसचार्ज नलिकेच्या अंतर्भागावर ज्या ठिकाणी आघात करतात, त्याच ठिकाणी क्ष किरणांची उत्पत्ती होत असते. डिसचार्ज नलिकेतील कॅथोड किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम घडवून आणून, ते डिसचार्ज नलिकेच्या वेगळ्या जागी आघात करु लागले तर त्या नवीन जागी क्ष किरणांची उत्पत्ती होऊ लागते.

क्ष किरण जाण्याच्या दिशेत बदल घडवून येत नसल्याने, क्ष किरण कॅथोड किरण नाहीत हे नक्की. ते डिसचार्ज नलिकेच्या काचेच्या पृष्ठभागातून, मूळ स्वरु-पात काहीही फरक न होता, आहेत त्याच स्वरुपात बाहेर येतात. डिसचार्ज नलिके-बाहेरील वायुची घनता, नलिकेतील वायुच्या घनतेहून खूपच जास्त असल्याने, कॅथोड किरण व क्ष किरण वळविण्याच्या दिशेत फरक दिसून येतो असे लेनार्डचे म्हणणे आहे, पण कॅथोड किरण वळविता येतात आणि क्ष किरण अजिबात वळ-विता येत नाही इतका मोठा फरक, वायुच्या घनतेतील फरकामुळे घडून येत नाही हे नक्की.

त्यामुळे क्ष किरण व कॅथोड किरण परस्परापासून अगदी भिन्न आहेत असा निष्कर्ष मी काढला आहे. डिसचार्ज नलिकेच्या अंतर्भागावर कॅथोड किरणांचा आघात झाल्यानंतर क्ष किरण निर्माण होत असतात.

डिसचार्ज नलिकेच्या अंतर्भागातून क्ष किरण बाहेर येत असतात असे म्हणताना मी 'किरण' हा शब्द मुद्दाम वापरतो. डिसचार्ज नलिका व स्फुरदीप्तीमय पडदा किंवा त्या ऐवजी फोटोग्राफिक प्लेट यांच्यामध्ये कमी अधिक प्रमाणात पार-दर्शक वस्तु ठेवल्यास, त्या वस्तुंच्या व्यवस्थित छाया मिळत असल्याने, डिसचार्ज नलिकेतून जे काही बाहेर येत आहे ते किरणस्वरुपीच आहे अशी माझी खात्री झाली आहे.

क्ष किरणांचा शोध रॉन्टजेनने जाहीर केला त्यावेळी त्याने क्ष किरणांच्या गुणधर्मांचा संपूर्ण अभ्यास केला नव्हता. क्ष किरणांचा फोटोग्राफिक प्लेटवर परि-णाम दिसून येतो हे त्याला माहित झाले होते. स्फुरदीप्ती पडदा वापरुन क्ष किर-णांच्या गुणधर्मांचा अभ्यास केल्यानंतर त्या किरणामध्ये जे गुणधर्म आहेत असे

वाटल होते, त्याची खात्री त्याने फोटोग्राफिक प्लेट वापरुन केली. १८९६ च्या मार्च महिन्यात त्याने क्ष किरणांच्या आणखी एका गुणधर्मांचा शोध लावला. विद्युतभारवाही पदार्थांजवळून क्ष किरण गेल्यास, अशा पदार्थावरचा विद्युतभार नाहीसा होतो हा तो गुणधर्म होय. क्ष किरणांचा परिणाम घडवून आणलेल्या हवेमुळे विद्युतभारवाही पदार्थांचा विद्युतभार नाहीसा होतो असे त्याने शोधून काढले. विद्युतभारवाही पदार्थ पडद्याआड ठेवून, त्यावर किंवा त्या भोवतालच्या हवेवर क्ष किरणांचा परिणाम होणार नाही अशी त्याने प्रथमत: व्यवस्था केली· विद्युतभारवाही पदार्थ धातुच्या तारानी अिलेक्ट्रोस्कोपला जोडून, त्या पदार्थावर किती विद्युतभार आहे हे समजण्याची त्याने व्यवस्था केली. विद्युतभारवाही पदार्थाकडे, क्ष किरणांचा परिणाम झालेली हवा जात नव्हती तोपर्यन्त त्यावरील विद्युतभारात फरक झाला नाही· पण क्ष किरणांचा परिणाम घडवून आणलेली हवा विद्युत भारवाही पदार्थाजवळ आणल्यास, तिच्यावरचा विद्युतभार लगेच कमी होऊ लागतो असे दिसून आले. क्ष किरणांचा परिणाम घडवून आणलेल्या हवेमुळे विद्युतभारवाही पदार्थावरचा विद्युतभार कसा कमी होतो त्याचे स्पष्टीकरण मात्र रॉन्टजेनला देता आले नाही. क्ष किरणांचा परिणाम घडवून आलेल्या हवेचा विद्युतभारवाही पदार्थावरील परिणाम तेवढाच त्याने शोधून काढला.

संशोधनाचे परिणाम

क्ष किरणांच्या शोधाव्यतिरिक्त, क्ष किरण संशोधनाच्या बाबतीत वापरल्या जाणाऱ्या तीन पद्धती शोधून काढण्याचे श्रेयही त्याच्याचकडे जाते· क्ष किरण ओळखण्यासाठी फ्ल्यु ऑरेसंट किंवा स्फुरदीप्तीमान पडद्याचा वापर, फोटोग्राफिक प्लेटवर क्ष किरणांचा परिणाम आणि आयोनायझेशन चेंबर किंवा आयनीकरण पात्र पद्धती या तीनही पद्धती शोधून काढण्याचे श्रेय रॉन्टजेनकडे जाते. या पैकी आयनीकरण पात्र पद्धतीची सुरवात त्याने केली. नंतर इतर संशोधकानी त्या पद्धतीत सुधारणा करुन सध्या वापरण्यात येत असलेली पद्धत बसवली·

रुग्ण निदानासाठी क्ष किरणांचा उपयोग करता येईल हे त्यांच्या शोधाबरोबर लगेच शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले. मानवी शरीरातील हाडांचे छायाचित्र रॉन्टजेनने क्ष किरणांच्या सहाय्याने घेवून, अस्थिभंग ओळखण्याकरिता क्ष किरणांचा कसा उपयोग करता येईल ते दाखवले. सध्या तर अस्थिभंग झाला आहे की नाही हे ओळखण्याकरिता शस्त्रवैद्य क्षकिरणांचा सर्रास उपयोग करीत असतात. तसेच फुफ्फुसावर क्षय रोगाचा परिणाम झाला आहे का किंवा अेखाद्या अंतर्गत

अवयवाला इजा पोचली आहे का हे ठरविण्यासाठी क्ष किरणांचा सर्रास उपयोग होत आहे. त्यामुळे क्षकिरण फोटो घेण्याची सोय नाही असे इस्पितळ असणे जवळ जवळ अशक्य आहे. रुग्णांचे क्षकिरण फोटो घेणे व त्यावरुन रोगाचे निदान करणे हा अेक स्वतंत्र वैद्यकीय व्यवसाय झाला आहे. काही रोगावर क्ष किरणांचा गुणकारी उपयोग करता येतो ही गोष्ट नंतर अस्ते अस्ते समजून आली. भौतिकीशास्त्रात क्षकिरणांच्या शोधामुळे, संशोधनाचे अेक नवीन दालन उघडले गेले. क्षकिरणांचे सहाय्य घेऊन, मूलभूत स्वरुपाचे किती तरी शोध लागले. आधुनिकभौतिकी-शास्त्राची सध्याची प्रगत अवस्था ज्याच्या संशोधनामुळे आली, त्या रॉन्टजेनला भौतिकीशास्त्रातील संशोधनाबद्दल पहिले नोबेल पारितोषिक मिळविण्याचा मान मिळाला, व त्याच्या संशोधनाचा फायदा उठवून, ज्यानी भौतिकीशास्त्रात उत्कृष्ठ प्रकारचे संशोधन करुन, नोबेल पारितोषिक पटकावण्याचा मान संपादन केला त्या संशोधकांची संख्या लक्षात घेतल्यास, रॉन्टजेनच्या शोधाचे महत्त्व सहज लक्षात येईल.

— — — — — —

१९०२

हेन्ड्रिक ॲन्ट्रन लॉरेन्ट्झ (१८५३-१९२८)

व पीटर झीमन (१८६५-१९४३)

"लोह चुंबकियत्वाच्या प्रकाशाचा परिणाम याविषयीच्या संशोधनाबद्दल नोबेल पारितोषिक."

चरित्र

लॉरेन्ट्झ

हॉलंडमधील अर्नहेम गावी १८ जुलै १८५३ रोजी हेन्ड्रिक ॲन्ट्रन लॉरेन्ट्झचा जन्म झाला. त्या गावातल्या प्राथमिक शाळेत व गावात नव्यानेच सुरू केलेल्या शाळेत त्याचे शालेय शिक्षण झाले. वयाच्या सतराव्या वर्षी त्याने लेडन विद्यापीठात प्रवेश मिळविला व तेथे तात्त्विक भौतिकीशास्त्राचा अभ्यास केला. दोन वर्षानंतर त्याने अर्नहेममधील अेका रात्रीच्या शाळेत शिक्षकाची नोकरी पत्करली व नोकरी करीत करीत विद्यालयीन अभ्यासक्रम पुरा केला. त्यानंतर संशोधनाच्या आधारे, त्याने १८७५ मध्ये लेडन विद्यापीठाची डॉक्टरेट मिळविली· प्रकाशाचे परावर्तन आणि वक्रीभवन या विषयावर त्याने डॉक्टरेट साठी प्रबंध लिहिला होता. हा प्रबंध इतका उत्कृष्ट ठरला की वयाच्या केंवळ पंचविसाव्या वर्षी लेडन विद्यापीठाने त्याची तात्त्विक भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक केली. या जागेवर त्याने १९२३पर्यन्त काम केले.१९१२मध्ये हार्लेम येथील टेलर प्रयोगशाळेचा संचालक म्हणून त्याची नेमणूक झाली. लेडन विद्यापीठात त्याची प्राध्यापकाची नोकरी चालू होतीच. हार्लेम येथेच त्यास४ फेब्रुवारी १९२८ रोजी मृत्यु आला.

लॉरेन्ट्झच्या संशोधन कार्यांची चोहोकडून प्रशंसा झाली आहे. लंडनच्या रॉयल सोसायटीने १९०५ मध्ये त्यास आपला माननीय सभासद करून घेतले· त्याच सोसायटीनें त्यास १९०८ मध्ये रमफोर्ड पारितोषिक व १९१८ मध्ये कोपले पारितोषिक दिले. बऱ्याचशा विद्यापीठानी त्यास माननीय डॉक्टरेट दिली आहे·

१९०० साली त्यास लेडन विद्यापीठाची डॉक्टरेट मिळाल्यास पंचवीस वर्षे झाली. त्या निमित्ताने त्याच्या विद्यार्थ्यांनी व चहात्यांनी लेडन विद्यापीठात अेक समारंभ साजरा केला. त्या समारंभास परदेशातील कित्येक विद्वान शास्त्रज्ञ मुद्दाम उपस्थित होते.१९२८साली त्यास डॉक्टरेट मिळाल्याचा सुवर्णमहोत्सव साजरा करण्यात आला,व त्या निमित्ताने लॉरेन्ट्झ फाउंडेशनची स्थापना करण्यात आली. तात्त्विक भौतिकीशास्त्रातील संशोधन व निरनिराळ्या देशातील भौतिकीशास्त्रज्ञांची परस्पर स्नेहसंबंध यासाठी ही फाउंडेशन मदत करते·

डच, इंग्लिश, फ्रेंच आणि जर्मन या चारी भाषावर लॉरेन्ट्झचे चांगलेच प्रभुत्व होते. निरनिराळ्या देशाना भेटी देऊन, तेथील सभासंमेलनात भाग घेणे हे कार्य त्याने विशेष करून उत्तरायुष्यात केले.

भौतिकीशास्त्रातील संशोधना व्यतिरिक्त, आणखी दोन विषयात त्याने विशेष रस घेतला· झुइडर झी या पाणथळ प्रदेशातील पाणी काढून टाकून, त्या भोवतालचा प्रदेश मनुष्यवस्तीसाठी योग्य करुन घेण्याच्या राष्ट्रीय प्रयत्नास, त्याने जोरदार पाठिंबा दिला. पहिले महायुद्ध संपल्यानंतर युद्धमान राष्ट्रांतील शास्त्रज्ञामध्ये सलोख्याचे व मैत्रीचे संबंध प्रस्थापित व्हावेत यासाठी त्याने विशेष प्रयत्न केले.

पीटरझीमन

नेदरलंडमधील झोनमेर गावी, २५ मे १८६५ रोजी. पीटर झीमनचा जन्म झाला. शालेय शिक्षण झाल्यानंतर, त्याने १८८५ मध्ये लेडन विद्यापीठात प्रवेश मिळविला. तेथे त्याने प्रो. हेन्ड्रिक अे. लॉरेन्ट्झ व कामरलिंघ ओन्स यांच्या हाताखाली भौतिकीशास्त्राचा अभ्यास केला. विद्यापीठात प्रो. लॉरेन्ट्झ तात्त्विक भौतिकीशास्त्र व कामरलिंघ ओन्स प्रायोगिक भौतिकीशास्त्र शिकवीत असत.१८९० मध्ये त्याची लेडन विद्यापीठातील भौतिकीशास्त्राच्या प्राध्यापकांचा सहाय्यक म्हणून नेमणूक झाली. प्रायोगिक भौतिकीशास्त्राचे प्राध्यापक प्रयोगाविषयीचे शिक्षण देत असता, त्यांच्या प्रयोगांची तयारी करणे हे काम मुख्यत्वे करून त्याच्याकडे असे. त्यावेळी कामलिंघ ओन्स शीत व अतिशीत तपमानासंबंधी संशोधन करण्यात गढून गेले असल्याने त्यांचे अध्यापनाचे काम त्यांचे सहकारी प्रो.लॉरेन्ट्झच यानाच करावे लागे. त्यामुळे झीमनने विशेषेकरून प्रो. लॉरेन्ट्झचा सहाय्यक म्हणून काम केले, व

त्यांच्याच व्यक्तिमत्वाचा त्यावर जास्त प्रभाव पडला. प्रो. लॉरेन्ट्झचा सहाय्यक म्हणून काम करीत असता, त्याचेही लक्ष प्रो. लॉरेन्ट्झ प्रमाणेच प्रकाशाविषयीच्या संशोधनाने वेधून घेतले. लोहचुंबकाच्या घासून पुसून लख्ख व चकचकीत केलेल्या ध्रुवावरून परावर्तन झालेल्या प्रकाशाविषयी प्रबंध लिहुन त्याने १८९३ मध्ये पी. अेच् डी. पदवी संपादन केली. याच विषयावर अेक विस्तृत निबंध लिहून, हार्लेम अँकेडमी ऑफ सायन्स या संस्थेचे पारितोषिकही त्याने पटकावले होते· त्यानंतर काही काळ त्याने स्ट्रासबर्ग येथे इ. कोहन यांच्या हाताखाली काम केले. लंडन विद्यापीठाने त्याची अध्यापक म्हणून नेमणूक केल्याने, तो हॉलंडला परतला व तेथेच त्याचे अुर्वरित आयुष्य गेले.

१ जानेवारी १८९७ रोजी आमस्टरडाम विद्यापीठाने त्यास भौतिकीशास्त्राचा अध्यापक नेमले १९०० मध्ये त्यास बढती मिळून तो त्या विषयाचा प्राध्यापक झाला.१९३५ मध्ये कार्य निवृत्त होईपर्यन्त तो याच विद्यापीठात प्राध्यापक म्हणून विद्यार्थ्यांना अध्यापन व संशोधन करीत होता. ९ ऑक्टोबर १९४३ रोजी तो मरण पावला.

१९२१ मध्ये लंडनच्या रॉयल सोसायटीने त्यास आपला माननीय सभासद करून घेतले. १९२२ मध्ये त्यास त्याच सोसायटीचे रमफोर्ड पारितोषिक मिळाले. नेदरलंड सरकारने त्यास ' नाइट ऑफ दि ऑर्डर ऑफ दि नेदरलंड्स लायन ' आणि ' कमांडर ऑफ दि ऑर्डर ऑफ ऑरेंज–नॅसॉ ' या पदव्या देऊन त्याचा बहुमान केला.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

प्रकाश आणि त्या विषयीचे विविध प्रश्न या संबंधीच विशेषेकरुन लॉरेन्ट्झचे संशोधन आहे. ज्या पदार्थातून जात असता, प्रकाशाचे वक्रीभवन होते, त्या पदार्थांच्या घनतेत दाबातील किंवा तपमानातील बदलामुळे फरक झाल्यास, त्याचा त्या पदार्थाच्या वक्रीभवनांकावर काय परिणाम होतो, याविषयी संशोधन करुन, १८८०मध्ये लॉरेन्ट्झने आपला पहिला संशोधन निबंध प्रसिद्ध केला·या संशोधनाच्या आधारे, पदार्थाच्या वक्रीभवनांकाविषयी त्याने जे सूत्र मांडले, बरोबर तेच सूत्र त्याच वेळी कोपनहेगनच्या अेल्. लॉरेन्झ या शास्त्रज्ञाने मांडले. त्यामुळे हे सूत्र ' लॉरेन्ट्झ–लॉरेन्झ ' सूत्र या नावाने ओळखले जाते. पदार्थ द्रव स्थितीतून वायु स्थितीत जरी गेला तरी ते सूत्र पदार्थाच्या वक्रीभवनांकाला लावता येते असे

विविध प्रयोगानी सिद्ध झाले आहे. पदार्थांचा द्रव स्थितीतील वक्रीभवनांक माहीत असल्यास, त्या पदार्थाचा वायुस्थितीतील वक्रीभवनांक किती असावा, हे या सूत्राच्या आधारे सांगता येते. प्रकाशाविषयींच्या विद्युतचुंबकीय उपपत्तीच्या आधारे लॉरेन्ट्झने आपले सूत्र मांडले असून, प्रकाशाविषयीची विद्युत चुंबकीय उपपत्ती योग्य ते पुरावे देऊन भक्कम पायावर उभी करणे हीच त्याची मोठी विज्ञान सेवा म्हटली पाहिजे.

प्रकाश कणस्वरूपी आहे ही न्यूटनची उपपत्ती अेकोणिसाव्या शतकाच्या सुरवातीला अस्ते अस्ते मागे पडली आणि प्रकाश कणस्वरूपी नसून, अवकाशात पसरत जाणाऱ्या किंवा प्रवास करणाऱ्या लहरी असे प्रकाशाचे स्वरूप आहे या उपपत्तीने न्यूटनच्या उपपत्तीची जागा घेतली. प्रकाशाच्या या नवीन उपपत्तीची नीट भक्कम पायावर मांडणी करण्यात जेम्स क्लार्क मॅक्सवेलचे प्रयत्न बहुतांशाने कारणीभूत आहेत. १८५५ ते १८६४ या नऊ वर्षांच्या अवधीत जेम्स मॅक्सवेलने, खोल तपशिलात जाऊन गणितीसूत्रांच्या आधारे प्रकाशाची विद्युत चुंबकीय उपपत्ती मांडली. या उपपत्तीमध्ये प्रकाश ज्या माध्यमातून जाणार त्या माध्यमाच्या वैद्युती व चुंबकीय गुणधर्माचा मुख्यत्वे विचार केला आहे, १८८७ मध्ये हिनरिक हर्टझच्या प्रयोगामुळे मॅक्सवेलच्या उपपत्तीला जोरदार दुजोरा मिळाला. अवकाशात अदृश्य विद्युतलहरी निर्माण करता येतात व अशा लहरींचे गुणधर्म दृश्य प्रकाश लहरी सारखेच असतात असे मॅक्सवेलने सिद्ध केले. मॅक्सवेलच्या उपपत्तीने प्रकाशा-विषयीच्या बऱ्याच प्रश्नांचे स्पष्टीकरण मिळत होते. पण प्रकाशाचे परावर्तन व वक्रीभवन याविषयीचे स्पष्टीकरण मॅक्सवेलच्या उपपत्तीत मिळत नव्हते. ते स्पष्टीकरण देण्याचा प्रयत्न लॉरेन्ट्झने. पी अेच्.डी.पदवीसाठी लिहिलेल्या संशोधन ग्रंथात केला. तसेच विद्युतविभाजन क्रियेचेही स्पष्टीकरण मॅक्सवेलच्या उपपत्तीत मिळत नव्हते. काही पदार्थांच्या विलयनातून विद्युतप्रवाह जाऊ दिल्यास, विलयनातील पदार्थाचे विभाजन होते. विलयनात पदार्थाचे घन अयन व ऋण अयन असतात व विलयनातून विद्युत प्रवाह गेल्यास अयनावरील विद्युतभार नष्ट होऊन पदार्थाचे विभाजन होते. अयनांचा विचार करताना असे दिसते की अयनावरचा विद्युतभार काही ठराविक सूक्ष्म विद्युत भाराच्या पटीत असतो. विद्युतविभाजनाचा विचार करताना, लॉरेन्ट्झने मॅक्सवेलच्या सूत्रांचाच आधार घेतला. त्या सूत्रांचे बाह्य स्वरूप कायम ठेवून, त्यांच्या अंतर्स्वरूपात त्याने फरक केला व मॅक्सवेलच्या उपपत्तीतील त्रुटी नाहीशी केली.

लॉरेन्ट्झच्या व मॅक्सवेलच्या उपपत्तीतील मुख्य फरक एका गोष्टीविषयी आहे. विद्युतमध्ये कणसदृश गुणधर्म आहेत असे लॉरेन्ट्झने म्हटले आहे. विद्युत किंवा इलेक्ट्रिसिटी ज्या सूक्ष्म कणांची झाली आहे त्या सूक्ष्म कणांना इलेक्ट्रॉन किंवा ऋणकण असे म्हणतात. इलेक्ट्रॉन हा शब्द १८९१ मध्ये जी. जॉन्स्टन स्टोनेने, विद्युतहायड्रोजन आयनावरील विद्युतभार दर्शविण्यासाठी प्रथमतः उपयोगात आणला. वाहकातून इलेक्ट्रॉन वाहात गेले की विद्युतप्रवाह तयार होतो. वस्तुमात्रांच्या वैद्युती सिद्धांताची या इलेक्ट्रॉनच्या अस्तित्वावर उभारणी करुन, प्रकाशमय वस्तुतून काशाचे उत्सर्जन होते त्यावेळी त्या वस्तुच्या अणुतील इलेक्ट्रॉनच्या कंपनामुळे ते होत असते असे लॉरेन्ट्झचे म्हणणे होते.

विद्युतभारवाही कणांच्या कंपनामुळे प्रकाशाचे उत्सर्जन होते हे लॉरेन्ट्झचे म्हणणे खरे असल्यास, गती दिलेल्या विद्युतभारवाही वस्तुबरोबर चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होत असल्याने, प्रकाशाचे उत्सर्जन करणारा वस्तु चांगल्या शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्रात ठेवल्यास, विद्युतभारवाही कणांच्या कंपनात फेर व्हायला पाहिजे. बाहेरच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे विद्युतभारवाही कणांची कंपने वाढणार किंवा कमी होणार आणि त्यामुळे प्रकाशलहरींची वारंवारता वाढणार किंवा कमी होणार.

चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाशलहरींच्या वारंवारतेवर होणारा परिणाम लॉरेन्ट्झच्या अपेक्षेप्रमाणे होतो असे लॉरेन्ट्झच्या शिष्यानें झीमनने प्रयोगाद्वारे दाखवले. झीमनने हा प्रयोग केला त्यावेळी त्याने लेडन विद्यापीठात शिक्षकाच्या पेशाला नुकतीच सुरवात केली होती. 'प्रकाशपटातील रेषांचे चुंबकीय क्षेत्रामुळे विलग होणे' असे आपल्या प्रयोगाला नाव देऊन, झीमनने त्या प्रयोगाचे निष्कर्ष ३१ ऑक्टोबर १८९६ रोजी आमस्टरडॅमच्या सायन्स ॲकेडमीस कळविले. नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर ११ डिसेंबर १९०२ रोजी लॉरेन्ट्झने दिलेल्या व्याख्यानात झीमनच्या या प्रयोगाची माहिती आहे. मूळ व्याख्यान जर्मन भाषेत असून, त्याचा अनुवाद खाली दिला आहे. सर्व व्याख्यान जसेच्या तसे न देता सारांश दिला आहे.

"चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाश उत्पत्तीवर परिणाम होतो हा फॅराडेचा शोध आपल्याला माहित आहेच. योग्य परिस्थिती असल्यास, एक पातळीय प्रकाशावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊन त्या प्रकाशाची पातळी डावीकडे किंवा उजवीकडे चक्राकार फिरते. प्रकाशकिरण चुंबकाच्या चकचकित केलेल्या ध्रुवावरुन परावर्तित

झाल्यासही, त्या प्रकाश किरणावर यासारखाच परिणाम झाल्याचे दिसून येते असे यानंतर बऱ्याच वर्षांनी केर याने सिद्ध केले.

चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाशाच्या परावर्तनावर व निर्मितीवर परिणाम होतो एवढेच नाही तर प्रकाशाच्या उत्पत्तीकेंद्राच्या ठिकाणी घडणाऱ्या क्रियेवरही परिणाम होतो हे झीमनने दाखवले. प्रकाश निर्मिती केंद्र चुंबकाच्या उत्तर व दक्षिण ध्रुवामध्ये ठेवल्यास, प्रकाशाच्या गुणधर्मात किंवा प्रकाश लहरींच्या वारंवारतेत फरक पडतो असे झीमनने दाखविले. रंगित ज्योत, विद्युत स्फुल्लींग किंवा गिस्लर नलिकेचा प्रकाश यांचा प्रकाशपट काढल्यास प्रकाशपटात वेगवेगळ्या व परस्परा- पासून अलग रेषा मिळतात. चुंबकीय क्षेत्राचा अशा प्रकारच्या प्रकाशावर परिणाम होऊन, त्या रेषांची संख्या वाढते व जेथे एक रेषा होती तेथे तीन रेषा दिसू लाग- तात. माझे हे दोन हात उत्तर व दक्षिणध्रुवांच्या जागी आहेत असे समजा. फक्त आता मी धरले आहेत त्यापेक्षा ते एकमेकांच्या जास्त जवळ आहेत, अशी कल्पना करा. माझ्या या दोन हातामध्ये जी मोकळी जागा आहे तेथे प्रकाशनिर्मितीस्थान आहे असे समजा. माझ्या पुढे येणारा जो प्रकाश आहे, त्याचा प्रकाशपट काढल्यास चुंबकीय क्षेत्र चालू नसता जेथे एक रेषा दिसायची, तेथे चुंबकीय क्षेत्र चालू झाल्यानंतर एका ऐवजी तीन रेषा दिसू लागतात. प्रकाशपटातील प्रत्येक रेषेचा तत्संबंधीच्या ठराविक वारंवारतेच्या प्रकाशलहरीशी संबंध असल्याने एका रेषे- ऐवजी तीन रेषा मिळतात याचा अर्थ चुंबकीय क्षेत्र चालू झाल्यावर प्रकाशनिर्मिती केंद्र एका वारंवारतेच्या प्रकाशकिरणाऐवजी तीन भिन्न वारंवारतेचे प्रकाश किरण पाठवू लागते. मूळच्या प्रकाशपटात एकाहून अधिक रेषा असल्यास, त्यातील प्रत्येक रेषेऐवजी तीन रेषा मिळतात, कधी कधी तर एका रेषेऐवजी तीनाहून अधिक रेषा मिळतात

एवढे सांगितल्यानंतर लॉरेन्ट्झने प्रकाशविषयीची आपली उपपत्ती मांडली.

" माझ्या या उपपत्तीप्रमाणे हे जग तीन प्रकारच्या वस्तुनी भरले आहे. १) नेहमीचे विचारात घेतलेले वस्तुमात्र, २) इलेक्ट्रॉन व ३) ईथर किंवा अवकाश.

- - - - -

नेहमीच्या वस्तुमात्रात प्रकाशाचे उत्पादन कसे होत असते ते आपण पाहू. कंपन पावणाऱ्या कणावर विद्युतभार असला पाहिजे असा माझा निष्कर्ष आहे. त्यामुळे अशा विद्युतभारवाही कणाला दिलेले इलेक्ट्रॉन हे नांव अगदी योग्य आहे. विद्युत चुंबकीय नियमांच्या आधारे कणांची कंपनें कशी होतात आणि त्यांचा ईथर-मधील घडामोडीवर काय परिणाम होतो हे अचूक सांगता येते. इलेक्ट्रॉनच्या कंप-नांचा विचार करुन मी प्रकाश प्रसरणाचा वेग आणि वस्तुंचा अपवर्तनांक (Refractive Index) (१) प्रकाशलहरीच्या वारंवारतेवर किंवा प्रकाशाच्या वर्णावर व (२) इलेक्ट्रॉनची संख्या व त्यांचे गुणधर्म यावर अवलंबून असतात असा निष्कर्ष काढला व तो सूत्ररुपाने मांडला.

आता तो निष्कर्ष सांगणारी जटिल समीकरणे येथे न मांडता, त्या समीकरणांचा काय अर्थ होतो हे सांगणार आहे. वस्तुंचा अपवर्तनांक प्रकाशाच्या वारंवारतेवर किंवा प्रकाशाच्या वर्णावर अवलंबून असतो. या विधानाचा आपण प्रथमत: विचार करु. त्रिपार्श्वकाच वापरुन मिळालेला वर्णपट आणि इंद्रधनुष्यात दिसतात ते रंग यावरुन असे म्हणता येते की काच व पाणी यातील इलेक्ट्रॉनना काही तरी ठराविक भार आहे आणि त्यामुळे निरनिराळ्या रंगांच्या प्रकाशाच्या कंपनांचा त्या सर्वांवर सारखाच परिणाम होत नाही. दुसरे एका ठराविक घनफळातील जास्त किंवा कमी संख्येत असणाऱ्या इलेक्ट्रॉनचा विचार केल्यास वस्तुच्या घनतेत फरक झाल्यास, त्या घनतेतील फरकाचा त्या वस्तुच्या अपवर्त-नांकावर काय परिणाम व्हावा हे सांगता येते.

चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाशावर होणाऱ्या परिणामाचा प्रो. झीमनने शोध लावला त्या वेळी तो परिणाम कसा घडून येत असावा याचे स्पष्टीकरण देण्याइतकी इलेक्ट्रॉन उपपत्तीत प्रगती झाली होती. हे सारे जग इलेक्ट्रॉननी भरले आहे व वस्तुवर पडणाऱ्या प्रकाशानुरूप त्या इलेक्ट्रॉनची कंपने सुरूहोतात,असे एकदा मानले की प्रकाशणाऱ्या वस्तुतील इलेक्ट्रॉनच्या कंपनामुळे प्रकाश निर्मिती होते असे म्हणता येते. कंपने होत असलेला इलेक्ट्रॉन अत्यंत सूक्ष्म आकाराच्या हर्टझियन ऑसिलेटरसारखा आहे. दोरीचे एक टोक एका जागी बांधून,व दुसरे टोक हातात घेऊन हात खाली वर केला तर दोरीमध्ये जशी कंपने निर्माण होतात तशीच कंपने इलेक्टॉनच्या मागे पुढे होण्याने ईथरमध्ये निर्माण होतात. चुंबकीय सूचीवर विद्युत प्रवाहाचा परिणाम होताना जे बल वापरले जाते ते बलच इलेक्ट्रॉनच्या मागे पुढे होण्यावर कार्य करते व त्यामुळे ईथरमध्ये होणाऱ्या कंपनात फरक होतो

तो फरक प्रकाशलहरीत होणाऱ्या फरकांच्या रूपाने आपल्याला दिसतो.

चुंबकीय क्षेत्र कार्यवाहीत आणल्यावर प्रकाशपटातील अेका रेषेअैवजी तीन रेषा का दिसतात याचे स्पष्टीकरण देण्याचे काम प्रो. झीमन करणार आहेतच. मी त्या विषयावर फक्त चार पाच वाक्ये बोलून माझे भाषण आटोपते घेणार आहे. ऋणविद्युतभारवाही इलेक्ट्रॉन मागे पुढे होत राहिल्याने प्रकाशलहरी निर्माण होतात. चुंबकीय क्षेत्र कार्यवाहीत आणल्यावर प्रकाशपटातील अेका रेषेअैवजी तीन घटक रेषा मिळतात. त्या तीन घटक रेषांचा विचार केल्यास, इलेक्ट्रॉनचा भार व त्यावरील विद्युत भार यांचे परस्परप्रमाण काय असावे या विषयी अनुमान करता येते. संशोधनाच्या इतर क्षेत्रात याच परस्पर प्रमाणाचे जे मूल्य मिळाले आहे ते आमच्या अनुमानाशी चांगले जुळते. कॅथोड किरणात असणाऱ्या ऋणविद्युतभारवाही कणांचा भार व त्यावरील विद्युतभार यांचे परस्परप्रमाण आमच्या त्या प्रमाणाविषयीच्या अनुमानाशी बरेचसे जुळते हेही येथे नमूद करायला हरकत नाही

प्रो. झीमनला १९०२ चे नोबेल पारितोषिक मिळाले तरी आजारीपणामुळे पारितोषिक वितरण समारंभाला त्याला हजर राहता आले नाही. त्यामुळे आपल्या संशोधनाची माहिती देणारे त्यांचे व्याख्यान १९०२ च्या डिसेंबर महिन्यात न होता, १९०३ च्या मे महिन्यात झाले. त्यांचे मूळ व्याख्यान जर्मन भाषेत असून, त्यातील काही संबंधीत भागांचा अनुवाद पुढे दिला आहे.

"प्रकाशमान झालेल्या वायुतून येणाऱ्या प्रकाशाचे सूक्ष्म विश्लेषण करायचे म्हटल्यास, न्यूटन व फ्रॉनहॉफर यांच्या त्रिपार्श्वकाचा त्यासाठी उपयोगी पडत नाहीत. प्रकाशाच्या सुक्ष्म विश्लेषणासाठी रोलंडचे ग्रेटिंग वापरावे लागते. हे ग्रेटिंग म्हणजे चांगली चकाकी असलेला धातुचा आरसा असून, त्याच्या दहा सेन्टीमीटर लांबीमध्ये पन्नास हजार समांतर रेषा कोरलेल्या असतात. प्रकाशशलाका अशा आरशावर पडल्यावर तिचे नेहमी प्रमाणे परावर्तन होत नाही. प्रकाशशलाकेतील प्रत्येक अेकलहरी प्रकाशाचे भिन्न भिन्न दिशेला परावर्तन होत असते.

– – – – –

नेहमीच्या सोडीयम ज्योतीचे रोलंडच्या ग्रेटिंगने विश्लेषण केल्यास प्रकाशपटात परस्परापासून अेक मिलीमीटर अंतरावर असणाऱ्या दोन पिवळ्या

रेषा मिळतात. त्यामुळे सोडीयम ज्योतीमध्ये दोन प्रकारचा अेक लहरी प्रकाश आहे असा निष्कर्ष निघतो. सोडीयमच्या D_1 व D_2 या दोन रेषापैकी कोणती तरी अेक रेषा आपण विचारात घेणार आहोत.

लेडन विद्यापीठातील फिझिकल इन्स्टिटयूटमध्ये १८९६ च्या ऑगस्ट महिन्यात, चुंबकीय बलाचा सोडीयम ज्योतीवर काय परिणाम होतो याचा अभ्यास करण्यासाठी, सोडीयम ज्योत शक्तिमान विद्युत चुंबकाच्या ध्रुवामध्ये ठेवून, तिचे रोलंड ग्रेटिंगने परिक्षण व विश्लेषण करीत होतो. चुंबकीय क्षेत्रातल्या बलरेषाशी काटकोन करणाऱ्या दिशेने, माझे सोडीयम ज्योतीच्या प्रकाशाचे निरीक्षण व विश्लेषण चालू होते. चुंबकीय क्षेत्र कार्यवाहीत नसताना, सोडीयमच्या दोन्ही रेषा परस्परापासून चांगल्या अलग, स्पष्ट व प्रकाशमान दिसायच्या· चुंबकीय क्षेत्र कार्य करू लागल्यावर, त्या रेषातले अंतर वाढल्याचे व त्या रेषाही जास्त रुंद झाल्याचे दिसून आले. म्हणजे चुंबकीय क्षेत्र कार्य करू लागल्यावर, त्या आधी ज्या प्रकाशलहरी मिळत होत्या त्या मिळत होत्याच व शिवाय त्याच्या जोडीला पहिल्या प्रकाशलहरींच्या लांबीहून जास्त किंवा कमी लांबीच्या प्रकाशलहरीही मिळू लागल्या होत्या. प्रकाशलहरीमध्ये घडून येणारा हा फरक फार थोडा होता. साधारण शक्तिमान चुंबकीय क्षेत्र वापरल्यास सोडीयमच्या दोन रेषातील अंतरात, त्या अंतराच्या अेक तीसांश (१/३०) भागाइतका फरक पडायचा.

आमच्या प्रयोगात काही तरी चूक झाली असेल या शंकेने, आम्ही चुंबकीय क्षेत्रातल्या बलरेषाशी समांतर दिशेने सोडीयम ज्योतीचे परीक्षण केले. त्यासाठी चुंबकीय ध्रुवामध्ये आम्ही योग्य त्या दिशेने छिद्रे पाडली. प्रयोग करुन पहाता चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाशलहरीवर परिणाम होत असल्याचे दिसून आले. या नंतर मी याच्या बरोबर उलट प्रकारचा प्रयोग करुन पाहिला. प्रकाशाचे शोषण सोडीयम बाष्प करीत असते. त्या शोषणावर चुंबकीय क्षेत्राचा काय परिणाम होतो याचाही मी अभ्यास केला. त्यामुळे काही प्रश्न आपोआपच डोळ्यासमोर आले. निरनिराळ्या पदार्थांच्या बाबतीत चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम निरनिराळा असतो का ? चुंबकीय क्षेत्र जास्तीत जास्त वाढवले तर काय होईल ? अेकाच पदार्थाच्या प्रकाशपटातील निरनिराळ्या रेषावर चुंबकीय क्षेत्राचा काय परिणाम असतो. ? या प्रश्नांची उत्तरे प्रयोगद्वारे मिळण्याआधीच ती उत्तरे या प्रश्नांचा तात्त्विक दृष्टया विचार करून मिळाली. लॉरेन्ट्झ यानी मांडलेल्या प्रकाशीय व

वैद्युतीपरिणामाविषयी मांडलेल्या उपपत्तीच्या आधारे या प्रश्नांचा विचार करुन मिळालेल्या उत्तराना पुष्टी देणारा किंवा ती उत्तरे सिद्ध करणारा प्रायोगिक पुरावा गोळा करण्यात मी यशस्वी झालो·

लॉरेन्ट्झच्या या तात्त्विक विचारसरणीप्रमाणे, सर्व वस्तुमात्रामध्य इलेक्ट्रॉन या नावाने ओळखले जाणारे विद्युतभारवाही कण असतात·या इलेक्ट्रॉनची संख्या त्यांचे चलनवलन किंवा हालचाल यावर वस्तुमात्रांच्या बाबतीत आढळणारे प्रकाशीय व वैद्युती परिणाम अवलंबून असतात. या इलेक्ट्रॉनच्या आंदोलनामुळे प्रकाशलहरी उत्पन्न होतात. प्रकाशपटातील अेकाच रेषेचा, लॉरेन्ट्झच्या उपपत्तीच्या आधारे विचार केला तर प्रत्येक अणूमध्ये किंवा रेणूमध्ये अेक गतीमान इलेक्ट्रॉन असतो असे धरायला हरकत नाही.

या इलेक्ट्रॉनच्या समतोल परिस्थितीत बदल झाला, तर समतोल परिस्थितीपासून किती बदल आला आहे त्या प्रमाणात कार्य करणारे बल, तो इलेक्ट्रॉन मूळच्या समतोल परिस्थितीला आणोत असते.अशा प्रकारच्या इलेक्ट्रॉनच्या आंदोलनात्मक चलनवलनाचे पुढील तीन प्रकारच्या कंपनामध्ये पृथक्करण करता येते. चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषांच्या दिशेत सरळ रेषेत होणारे अेक कंपन, व चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषाशी काटकोन करणाऱ्या पातळीत परस्पर विरुद्ध दिशेस होणारी, वर्तुळाकारी, आवर्तनी दोन कंपने असे इलेक्ट्रॉनच्या आंदोलनात्मक चलनवलनाचे पृथक्करण करता येते. चुंबकीय क्षेत्र कार्यवाहीत नसता, या तीन आंदोलनांची कालमर्यादा अेकच असते. पण त्या इलेक्ट्रॉनवर चुंबकीय क्षेत्रांचा परिणाम घडवून आणल्यास, इलेक्ट्रॉनच्या गतीत फरक पडल्याचे दिसून येते. वैद्युतीगतिकशास्त्राच्या नियमाप्रमाणे चुंबकीयक्षेत्रात गतीमान असलेल्या इलेक्ट्रॉनवर तो इलेक्ट्रॉन ज्या दिशेने जात असेल त्या दिशेशी व चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषाशी काटकोन करणाऱ्या दिशेत अेक प्रकारचे बल कार्य करु लागते. ते बल किती आहे हे गणिताने ठरवता येते. चुंबकीय क्षेत्र कार्य करु लागले तरी इलेक्ट्रॉनच्या सरळरेषेत होणाऱ्या कंपनात काही फरक होत नाही व त्यांची कालमर्यादा पहिल्यासारखीच राहते. दोन वर्तुळाकारी कंपनावर मात्र, त्याच्या त्रिज्याशी समांतर दिशेत कार्य करणाऱ्या नव्या बलांचा परिणाम घडून येतो. या नव्या बलांची पहिल्या बलात भर पडते किंवा या नव्या बलाइतकी पहिल्या बलातून घट होते. पहिल्या बलात नवीन बलाची भर पडल्यास, कंपनांची कालमर्यादा कमी होते व नवीन बलाइतकी पहिल्या बलातून घट झाल्यास कंपनांची कालमर्यादा वाढते.

अशा रितीने विचार केल्यास चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाशावर काय परिणाम झाला पाहिजे हे सांगता येते.

चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषाशी काटकोन करणाऱ्या दिशेत चुंबकीय क्षेत्राचा प्रकाशावर काय परिणाम होईल हे आपण प्रथमतः पाहू. इलेक्ट्रॉनच्या आंदोलनात्मक चलनवलनाचे पृथक्करण केल्यास ज्या तीन प्रकारच्या गती मिळतात त्या गतीवर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊन तीन वेगवेगळ्या कालमर्यादा असलेली कंपने मिळतात. म्हणज सुरवातीला चुंबकीय क्षेत्र कार्यवाहीत नसता अेक वर्णीय प्रकाशलहरी असल्या तर चुंबकीय क्षेत्र कार्य करु लागल्यानंतर त्रिवर्णीय प्रकाशलहरी मिळतील. त्याचा अर्थ चुंबकीय क्षेत्र नसताना, प्रकाशपटात अेक रेषा असली तर चुंबकीय क्षेत्र कार्य करु लागल्यावर प्रकाशपटात त्या अेका रेषेअैवजी तीन रेषा दिसू लागतील."

संशोधनाचे परिणाम

लॉरेन्ट्झच्या इलेक्ट्रॉन–उपपत्तीचा तात्त्विक भौतिकीशास्त्राच्या प्रगतीवर फार मोठा परिणाम घडून आला आहे. फॅराडेने तात्विक उपपत्ती मांडून मंदिराचा पाया घातला, त्या पायावर मॅक्सवेलने तात्त्विक उपपत्तीचे मंदिर बांधले व त्या मंदिरावर लॉरेन्ट्झच्या उपपत्तीने कळस चढविला असे थोडेसे काव्यमय वर्णन या तिघा शास्त्रज्ञांच्या कार्याबद्दल करण्यात येते· अभिजात भौतिकीशास्त्र व नव-भौतिकीशास्त्र या सीमारेषेवर लॉरेन्ट्झचे कार्य आहे. निसर्गाचे गूढ समजावून घेत असता, लॉरेन्ट्झची उपपत्ती खूप उपयुक्त ठरली. झीमनच्या संशोधनामुळे लॉरेन्ट्झची तात्त्विक उपपत्ती सिद्ध करणारा पुरावा मिळाला. झीमननंतर झालेल्या संशोधनाने लॉरेन्ट्झच्या उपपतीस जास्तच पुष्टी मिळाली· लॉरेन्ट्झने मांडलेल्या तात्त्विक उपपत्तीत नंतर थोडे फार फरक करावे लागले, तरीसुद्धा लॉरेन्ट्झने मांडलेल्या गणिती समीकरणात फरक करावे लागले नाही.

– – – – – –

१९०३

ॲन्तॉइने हेन्री बेक्वेरेल

(१८५२–१९०८)

' किरणोत्सर्गाच्या शोधाबद्दल पारितोषिक. '

पियर क्युरी

(१८५९–१९०६)

मेरी स्कलोडोव्हस्का क्युरी

(१८६७–१९३४)

' बेक्वेरेलने शोधून काढलेल्या किरणोत्सर्ग विषयक केलेल्या संशोधनाबद्दल पतिपत्नीला अेकत्र पारितोषिक. '

चरित्र

अे. अेच्. बेक्वेरेल.

१५ डिसेंबर १८५२ रोजी, पॅरीसमध्ये ॲन्तॉइने हेन्री बेक्वेरेलचा जन्म झाला. त्याचे आजोबा ॲन्तॉइने सीझर बेक्वेरेल (१७८८–१८७८) पॅरीसमधील म्युझियम ऑफ नॅचरल हिस्टरी या शास्त्रीय संस्थेत भौतिकीशास्त्राचे प्राध्यापक होते, व त्यानी विद्युतशास्त्रात महत्त्वाचे संशोधन केले होते. त्याचे वडील अेडमंड बेक्वेरेल त्याच शास्त्रीय संस्थेत शिकले व त्यांच्या वडीलांच्या पाठोपाठ त्याच संस्थेत भौतिकीशास्त्राचे प्राध्यापक झाले. तेथे काही वर्षे प्राध्यापकीय काम केल्या-नंतर ते कॉन्झरव्हेटरी डेस् आर्टस अेट् मेटर्स या संस्थेत प्राध्यापक झाले.तेथे त्यानी प्रकाशविषयक व विशेषेकरुन सल्फाइड संयुगाचा व युरॅनियम संयुगाचा फॉस्फोरेसन्स (स्फुरदीप्ती किंवा अंधारात प्रकाशित होण्याचा गुणधर्म) या विषयी संशोधन केले. इकोल पॉलीटेक्निक, पॅरीस या संस्थेत १८७२ ते १८७४ ही दोन वर्षे अभ्यास करुन, ॲन्तॉइने हेन्री बेक्वेरेलने इकोल डेस् पॉन्टेस अेट चॉसीस -या

पियर क्युरी

मेरी स्कोडोव्हस्का क्युरी

जॉन विल्यम स्ट्रट

फिलिप लेनार्ड

संस्थेत प्रवेश मिळविला. या संस्थेतून इंजिनियरिंग पदवी घेऊन तो १८७७ मध्ये बाहेर पडला. १८८५ मध्ये त्याचा प्रथम वर्गाच्या इंजिनिअरमध्ये समावेश करण्यात आला. १८९४ मध्ये त्यास प्रमुख इंजिनियर होण्याची संधी मिळाली. १८८८ मध्ये त्याने डी. अेस्‌सी. पदवी संपादन केली. १८७८ मध्ये त्याचे वडील काम करीत होते त्या नॅचरल हिस्टरी म्युझियममध्ये त्यास दुय्यम प्राध्यापक म्हणून नोकरी मिळाली. प्राध्यापकीय काम करीत असता, संशोधन करुन त्याने डी.अेस्‌सी पदवी संपादन केली. १८९२ मध्ये नॅचरल हिस्टरी म्युझियममध्ये त्यास भौतिकी-शास्त्राचा प्राध्यापक नेमले. ते काम तीन वर्षे केल्यानंतर, १८९५ मध्ये इकोल पॉलीटेक्‌निकमध्ये त्याची भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक झाली. याच पॉलीटेक्‌निकमध्ये तो १८७६ पर्यन्त दुय्यम प्राध्यापक म्हणून अध्यापन कार्य करीत होता. हे कार्य करुन तो शिवाय कॉन्झरव्हेटरी डेस् आर्टस अेट् मेटर्स या संस्थेत वडीलाना अध्यापनकार्यात मदत करीत असे. २५ ऑगस्ट १९०८ रोजी फ्रान्सच्या ब्रिटनी प्रांतातील ली क्रॉइसिक या गावी तो मृत्यु पावला.

लंडनची रॉयल सोसायटी, बर्लिनची सायन्स अॅकेडमी, फ्रेंच अॅकेडमी ऑफ सायन्सेस या व इतर कित्येक शास्त्रीय संस्थेचा तो सभासद होता. १९०८ साली त्यास लिजन ऑफ ऑनर हा फ्रान्समधील सर्वोच्च बहुमान मिळाला होता.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

बेक्वेरेलचे बहुतेक सर्व संशोधन प्रकाशविषयक आहे. डी, अेस्‌सी पदवीसाठी त्याने लिहीलेला संशोधनग्रंथ प्रकाशाचे शोषण या विषयावर आहे. तत्पूर्वी अेक पातळीय-प्रकाशाच्या पातळीच्या परिवर्तनावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम या विषयावर संशोधन-निवंध प्रसिद्ध केले होते घन व द्रव पदार्थातील अेक पातळीय प्रकाशाची पातळी, चुंबकीय क्षेत्रामुळे बदलते हे फॅराडेने १८४५ साली शोधून काढले होते. वायुतील अेक पातळीय प्रकाशाची पातळी चुंबकीय क्षेत्रामुळे बदलत नाही असा फॅराडेचा ग्रह झाला होता. फॅराडेचा ग्रह चूक आहे व वायुतील अेक पातळीय प्रकाशाची पातळीसुद्धा चुंबकीय क्षेत्रामुळे बदलते म्हणजे वायुना मॅग्नेटोगायरिक किंवा चुंबकीय क्षेत्रामुळे प्रकाश पातळी परिवर्तन होण्याची शक्ति आहे, असे बेक्वेरेलने शोधून काढले. त्या शिवाय त्याने फॉस्फोरे-सन्स विषयी संशोधन केले. प्रकाशात काही वेळ ठेवून, नंतर अंधारात ठेवल्यास जे पदार्थ प्रकाशमान होतात अशा पदार्थांना फॉस्फोरेसन्ट (स्फुरदीप्तीमान) पदार्थ म्हणतात. पदार्थांचा फॉस्फोरेसन्स (स्फुरदीप्ती) मोजण्यासाठी बेक्वेरेलने

अेक नवीन तऱ्हेचा फॉस्फोरोस्कोप (स्फुरदीप्तीमापी) शोधून काढला. या स्फुर-दीप्तीमापीमुळे, पदार्थ प्रकाशातून काढून अंधारात ठेवल्यानंतर, तो किती वेळ प्रकाश देत राहतो ते मोजता येते. स्फुरदीप्तीविषयक ज्ञानाचा उपयोग त्याने अवरक्त प्रकाशपटाच्या अभ्यासासाठी केला व तप्त धातु बाष्प अवरक्त प्रकाश-पटातील रेषा देऊ शकतात हे शोधून काढले.

१८९६ मध्ये त्याने युरॅनियममधून सतत किरण बाहेर पडत असतात हा अेक अत्यंत महत्त्वाचा शोध लावला. युरॅनियममधून सतत किरण बाहेर पडत असतात, या निसर्गात आढळून आलेल्या प्रकाराला त्याने रेडिओ-अॅक्टिव्हिटी किंवा किरणोत्सर्ग असे नाव दिले. फॉस्फोरेसन्स विषयक संशोधनातूनच, त्याने युरॅनियममधून सतत बाहेर पडणाऱ्या किरणांचा शोध लावला असला, तरी किरणोत्सर्गाच्या शोधाने त्याचे आधीचे स्फुरदीप्तीविषयक संशोधन मागे पडले. १८९५ मध्ये रॉन्टजेनने शोधून काढलेल्या क्षकिरणांचा अेक विशिष्ट गुणधर्म लक्षात घेण्यासारखा आहे. काही विशेष प्रकारे तयार केलेल्या पडद्यावर किंवा काचेवर क्षकिरण पडल्यास, त्या पडद्यामध्ये किंवा काचेमध्ये फ्लुओरेन्ससचा गुणधर्म दिसून येतो. फ्लुओरेसन्स व फॉस्फोरेसन्स या दोहोमध्ये बरेच साम्य आहे. फॉस्फोरेसन्ट पदार्थ प्रकाशातून अंधारात नेला तरी फॉस्फोरेसन्स चालू रहातो म्हणजे पदार्थ काही वेळ पर्यन्त प्रकाशमय राहातो.त्या उलट फ्लुओरेसन्ट पदार्थावर जो पर्यन्त प्रकाश पडत असतो, तोपर्यंन्तच पदार्थ प्रकाशमय दिसतो. फ्लुओरेसन्ट व फॉस्फोरेसन्ट पदार्थ काळ्या कागदात गुंडाळून व नंतर ती गुंडाळी फोटोग्राफिक प्लेटवर ठेवून, फ्लुओरेसन्ट व फॉस्फोरेसन्ट पदार्थातून बाहेर पडणारा प्रकाश रॉन्टजेनने शोधून काढलेल्या क्षकिरणासारखा आहे की नाही हे पाहिले. या आधी त्याने स्फुरदीप्तीमापीमध्ये युरॅनियम- क्षार ठेवून व त्यावर नीलातीत किरण पडू देऊन, त्यामधून सेकंदाहूनही कमी काळपर्यन्त होणारा फॉस्फोरेसन्स अभ्यासला होता. युरॅनियम क्षाराचा अेखादा स्फटिक काळ्या कागदात गुंडाळून, ती गुंडाळी फोटोग्राफिक प्लेटवर काही तास ठेवून दिली व त्यानंतर ती प्लेट डेव्हलप केली तर युरॅनियम क्षाराच्या स्फटिकातून बाहेर पडलेल्या किरणांचा फोटोग्राफिक प्लेटवर परिणाम झाल्याचे दिसून आले होते.बेक्वेरेलचा प्रथमत: असा समज झाला की युरॅनियम क्षारातून होणाऱ्या फॉस्फोरेसन्सचा हा परिणाम आहे. पण आपला हा समज बरोबर नाही हे त्याला या पुढील संशोधनाने कळून आले. युरॅनियम-क्षारातून होणाऱ्या फॉस्फोरेसन्सचा परिणाम टाळण्यासाठी, युरॅनियम क्षाराच्या विलयनावर प्रकाशाचा अजिबात परिणाम घडू न देता, ते विलयन अंधारात ठेवून

अंधारातच त्याची संहती वाढवून, त्याने युरॅनियम क्षाराचे स्फटिक मिळविले व त्या क्षाराच्या स्फटिकांचा फोटोग्राफिक प्लेटवर पहिल्यासारखाच परिणाम होतो असे दाखविले. प्रयोगासाठी वापरलेला युरॅनियम क्षार फॉस्फोरेसन्ट असला किंवा नसला तरीही त्या क्षाराच्या फोटोग्राफिक प्लेटवरील परिणामात: फरक पडत नाही, आणि युरॅनियमच्या सर्व प्रकारच्या क्षारामधून व युरॅनियम धातुमधून, फोटोग्राफिक प्लेटवर परिणाम घडवून आणणारे किरण बाहेर पडतात. म्हणजे किरणोत्सर्ग हा युरॅनियमचा विशिष्ट गुणधर्म आहे असे त्याने सिद्ध केले. रॉन्टजेन किरण किंवा क्षकिरण विद्युतभारवाही पदार्थांजवळून जाऊ दिल्यास, त्या पदार्था-वरील विद्युतभार जसा कमी होतो, त्याप्रमाणे युरॅनियम मधून बाहेर पडणारे किरण विद्युतभारवाही पदार्थांजवळून जाऊ दिल्यास त्या पदार्थावरील विद्युतभार कमी होतो. अिलेक्ट्रोस्कोपची सुवर्णपत्रे विद्युतभारवाही करून, परस्परापासून अलग केली व नंतर इलेक्ट्रोस्कोपमधून युरॅनियमचा किरणोत्सर्ग जाऊ दिल्यास अिलेक्ट्रोस्कोपची सुवर्णपत्रे परस्परांच्या जवळ येतात म्हणजे त्यांच्यावरचा विद्युतभार नाहीसा होतो असे त्याने दाखविले.

बेक्वेरेलने आपला हा शोध २४ फेब्रुवारी १८९६ रोजी पॅरीसमधील फ्रेंच अॅकेडमीस कळविला.नोबेल पारितोषिक वितरणाचा समारंभ आटोपल्यानंतर ११ डिसेंबर १९०३ रोजी दिलेल्या व्याख्यानात, बेक्वेरेलने आपण केलेल्या किरणोत्सर्गविषयक संशोधनाचा व आपला शोध जाहीर झाल्यानंतर झालेल्या त्याच विषयासंबंधीच्या संशोधनाचा आढावा घेतला. त्या व्याख्यानातील काही भाग खाली उद्धृत केला आहे.

" १८९६ सालच्या सुरवातीला, रॉन्टजेनचे प्रयोग आणि क्रुक्स नलिकेतून बाहेर पडणाऱ्या क्षकिरणांचे आश्चर्यकारक गुणधर्म माझ्या वाचनात आले. त्याच वेळी फॉस्फोरेसंट पदार्थातून बाहेर पडणारे किरण व क्षकिरण यांच्या गुणधर्मात काही साधर्म्य आहे का हे पाहावे असे माझ्या मनात आले. प्रयोग करुन पाहाता क्षकिरण व फॉस्फोरेसंट पदार्थातून बाहेर पडणारे किरण यांच्या गुणधर्मात साधर्म्य नाही असे समजून आले. पण याविषयीचे प्रयोग करीत असता, अचानक मला किरणोत्सर्गाचा शोध लागला.

फॉस्फोरेसंट पदार्थांपैकी युरॅनियमचे क्षार मी प्रयोगासाठी मुद्दाम घेतले. युरॅनियमच्या क्षारातून फॉस्फोरेसन्सच्या वेळी पडणाऱ्या प्रकाशाचा शोषण प्रकाश-पट आणि फॉस्फोरेसन्स प्रकाशपट काढल्यास त्यातील रेषा काही ठराविक क्रमाने

येतात म्हणून मी मुद्दाम युरॅनियमचे क्षार अभ्यासासाठी निवडले. युरॅनियम सल्फेट व पोटॅशियम सल्फेट या पासून तयार केलेल्या मिश्र क्षाराचे बारीक स्फटिक काळ्या कागदात गुंडाळलेल्या फोटोग्राफिक प्लेटवर ठेवून, ते स्फटिक मी कित्येक तासपर्यन्त प्रकाशात ठेवले. त्यानंतर त्या फोटोग्राफिक प्लेट डेव्हलप केल्यास त्या स्फटिकातून बाहेर पडलेल्या किरणामुळें स्फटिकांचा आकार, फोटोग्राफिक प्लेटवर हुबेहुब उठल्याचे दिसून आले. फोटोग्राफिक प्लेटवरील काळ्या कागदातून किंवा धातुच्या कागदासारख्या पातळ पत्र्यातून युरॅनियममधून बाहेर पडलेले किरण जात असल्याचे समजून आले.

अेक दिवस युरॅनियम क्षार उन्हात ठेवून,त्यांना फॉस्फोरेसंट करायचे असे मी ठरवले.पण हवा सतत ढगाळ असल्याने चार पाच दिवस प्रयोग करता येईना. काळ्या कागदात गुंडाळलेली फोटोग्राफिक प्लेट व त्यावर ठेवलेले युरॅनियम क्षाराचे स्फटिक मी खणात ठेवून दिले होते. चार पाच दिवसानंतर प्रयोग करण्याची संधी मिळाली. पण माझ्या मनात काय आले कोणास ठाऊक, प्रयोग न करता मी ती फोटोग्राफिक प्लेट डेव्हलप करुन पाहिली. युरॅनियम क्षाराचे स्फटिक ठेवले होते, त्याच्या खालची जागा काळी झाल्याचे दिसून आले. माझ्या नकळत कोणी ती प्लेट प्रकाशात नेली होती का अशी मी चौकशी केली. कोणीही त्या प्लेटला हात लावला नव्हता. तरीही ती प्लेट काळी झाली होती. त्याचा अर्थ युरॅनियम क्षारातून सतत किरणोत्सर्ग होत होता व त्या किरणांचा फोटोग्राफिक प्लेटवर परिणाम होऊन, प्लेट काळी होत होती अशा रीतीने अचानक मला किरणोत्सर्गाचा शोध लागला.

मी केलेल्या प्रयोगांचे दोन प्रकारे स्पष्टीकरण करता येत होते.फॉस्फोरेसन्समध्ये ज्या प्रमाणे सूर्य किरणांच्या ऊर्जेचे वेगळ्या प्रकारच्या प्रकाश ऊर्जेमध्ये रुपांतर होते, त्या सारखाच प्रकार युरॅनियमच्या क्षाराकडून होतो हे अेक स्पष्टीकरण डोळ्यासमोर येत होते.पण या विषयी जरा जास्त प्रयोग करुन पाहाता यूरॅनियममधून होणारा किरणोत्सर्ग, प्रकाशाने, विजेने वा उष्णतेने सुरु होत नाही. इतकेच नाही तर तो या तीनही पैकी कोणत्याही अेका गोष्टीवर अवलंबून नाही असे समजून आले. युरॅनियममधून होणारा किरणोत्सर्ग स्वयंस्फूर्त असून, तो अगदी वेगळ्या प्रकारचा आहे असे माझे मत झाले.

प्रयोगासाठी वापरलेले युरॅनियम क्षार कित्येक दिवसापूर्वी स्फटिकीकरण करुन मिळवले असल्याने, युरॅनियम क्षारातून होणाऱ्या किरणोंत्सर्गाचा, क्षार

स्फटिक तयार होऊन किती काळ लोटला आहे त्याशी काही संबंध आहे का हे मी पाहिले, तेव्हा स्फटिकीकरणानंतरचा काळ व किरणोत्सर्गाची तीव्रता यांचा परस्पराशी कांही संबंध नाही व किरणोत्सर्गाची तीव्रता कायम स्वरुपी आहे असा निष्कर्ष निघाला. युरॅनियम क्षारातून होणारा किरणोत्सर्ग कालमानानुसार कमी होत नाही असे आढळून आले आहे.

या शोधापाठोपाठ दुसरा अेक शोध लागला. विद्युतभारवाही पदार्थ-जवळून युरॅनियम क्षारातून होणारा किरणोत्सर्ग जाऊ दिल्यास, अशा पदार्थावरचा विद्युतभार नष्ट होतो असे आढळले. त्यामुळे किरणोत्सर्गाचा अभ्यास करण्यास आणखी अेक पद्धत उपलब्ध झाली. फोटोग्राफिक प्लेट वापरल्याने, किरणोत्सर्ग होतो की नाही अेवढेच सांगता येते. त्याच्या तीव्रतेचे मापन करता येत नाही. विद्युतभारवाही पदार्थ वापरुन व विशेषत: इलेक्ट्रोस्कोप मधील सुवर्णपत्राना विद्युतभारवाही करून, परस्परापासून दूर गेलेली सुवर्णपत्रे काय वेगाने खाली पडून परस्पराजवळ येतात हे किरणोत्सर्ग अभ्यासण्याचे व त्याचे मापन करण्याचे उत्कृष्ट साधन आहे. युरॅयिनममधून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाचा सुवर्णपत्र इलेक्ट्रोस्कोपच्या सहाय्याने अभ्यास केल्यास, तो किरणोत्सर्ग बराच काळपर्यन्त कायम स्वरुपी असतो असे माझे प्रथमत: मत झाले.

फोटोग्राफिक प्लेट पद्धत किंवा इलेक्ट्रोस्कोप पद्धत किरणोत्सर्ग अभ्यासण्यासाठी वापरल्यास असे सिद्ध होते की सर्व प्रकारच्या युरॅनियम क्षारातून अेकच प्रकारचा किरणोत्सर्ग होत असतो, व किरणोत्सर्ग होण्याचा हा गुणधर्म युरॅनियम धातुशी संबंधित असा अेक आण्विक गुणधर्म आहे. अेकाच भाराचे युरॅनियम व युरॅनियम क्षार प्रयोगासाठी वापरल्यास युरॅनियम धातुचा किरणोत्सर्ग, युरॅनियम क्षाराच्या जवळजवळ साडे तीन पट असल्याचे दिसून आले.

युरॅनियमच्या गोलकावर विद्युतभार देऊन, तो गोलक हवेत ठेवल्यास त्या गोलकावरचा विद्युतभार अस्ते अस्ते कमी होत शेवटी नष्ट होतो. पण तोच गोलक निर्वातात ठेवला तर त्यावरील विद्युतभार कायम रहातो. युरॅनियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांच्या सान्निध्यात विद्युतभारवाही पदार्थामध्ये विद्युतभाराची जी देवघेव चालते त्याचे कारण युरॅनियम क्षारातून होणाऱ्या किरणोत्सर्गामुळे त्या क्षारा भोवतालच्या हवेला अेक विशिष्ट प्रकारची विद्युतवहन क्षमता येते हे होय. किरणोत्सर्गी क्षारांच्या भोवतालच्या हवेला येणारी विद्युतवहनक्षमता, ते क्षार त्या हवेतून बाजूला काढून ठेवले तरी काही काळपर्यन्त टिकून राहाते.

हे मी सांगितलेले युरॅनियम क्षारातून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाचे गुणधर्म, इतरही शास्त्रज्ञानी व विशेषत: इंग्लडमधील रदरफोर्ड या शास्त्रज्ञाने पारखून पाहिले आहेत. युरॅनियम क्षारांभोवतालच्या वायुला प्राप्त होणाऱ्या विद्युतवहन क्षमतेचा, इतर कारणानी होणाऱ्या आयनीकरणाशी संबंध जोडला गेला आहे."

किरणोत्सर्गाचा शोध लावून, त्याच्या अभ्यासास बेक्वेरेलने सुरवात केली. किरणोत्सर्ग विषयक संशोधनाचे प्राथमिक स्वरूप काय होते याची कल्पना बेक्वेरेलच्या व्याख्यानावरुन करता येते. १९०३ साली बेक्वेरेलला किरणोत्सर्गाबद्दल जितकी माहिती होती, त्यापेक्षा जास्त माहिती विश्व विद्यालयात भौतिकीशास्त्राचा अभ्यास करणाऱ्या सध्याच्या विद्यार्थ्याला असणे अगदी सहज शक्य आहे.

बेक्वेरेलनें किरणोत्सर्गाचा शोध लावल्यानंतर, पियर क्युरी व त्याची पत्नी मेरी क्युरी या जोडप्याने केलेल्या संशोधनाने, त्या संशोधनातील पुढची पायरी गाठली. त्या संशोधनाला मान्यता मिळून, क्युरी पती पत्नीला बेक्वेरेलच्या जोडीने १९०३ सालचे नोबेल पारितोषिक मिळाले.

चरित्र

पियर आणि मेरी क्युरी

१५ मे १८५९ रोजी पॅरीसमध्ये पियर क्युरीचा जन्म झाला. प्राथमिक शिक्षण घरीच पुरे केल्यानंतर, त्याने पॅरीसमधील सॉरबॉन संस्थेच्या सायन्स फॅकल्टीचा अभ्यासक्रम पुरा केला, १८७८ ते १८८२ ही चार वर्षे तो सॉरबॉनच्या सायन्स फॅकल्टीमध्ये दुय्यम शिक्षक होता. १८८२ साली याची पॅरीसमधील इकोल डी फिझिक अेट् डी केमी इंडस्ट्रिअेल्स या संस्थेत नेमणुक झाली. तेरा वर्षानंतर म्हणजे १८९५ मध्ये बढती मिळून त्याची त्याच संस्थेत भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक झाली. पाच वर्षानंतर १९०० साली त्याने सॉरबॉनच्या सायन्स फॅकल्टीत दुय्यम प्राध्यापकाची नोकरी पत्करली. चार वर्षानंतर त्याची हुषारी पाहून त्यासाठी वेगळी व्यवस्था करुन, प्राध्यापकाच्या जागेवर नेमण्यात आले. १९ अेप्रिल १९०६ रोजी, रस्ता ओलांडत असता घोडागाडी खाली येऊन त्यास अपघाती मृत्यु आला.

सॉरबॉनच्या सायन्स फॅकल्टीमध्ये प्राध्यापक म्हणून काम करीत असता त्याची मेरी स्क्लोडोव्हस्का नावाच्या अेका पॉलीश मुलीशी ओळख झाली, ७

नोव्हेम्बर १८६७ रोजी वॉरसा येथे जन्मलेल्या या मुलीला, स्वदेशमुक्ती चळवळीत भाग घेतल्याच्या आरोपाखाली बरीच मोठी शिक्षा होण्यासारखी परिस्थिती निर्माण झाली. जीव वाचवण्यासाठी स्वदेशत्याग करून ती पॅरिसमध्ये स्थाइक झाली. १८९१ साली पॅरिसला आल्यानंतर तिने सॉरबॉनच्या सायन्स फॅकल्टीचा अभ्यासक्रम पुरा केला. १८९३ साली तिने भौतिकीशास्त्राची व १८९४ मध्ये गणितशास्त्राची पदवी संपादन केली. पदवीपरिक्षेनंतर पी अेच्. डी. पदवीसाठी संशोधन करीत असता, १८९५ मध्ये तिची इकोल डीं फिझिक अेट् डीं केमी इंडस्ट्रिएल्स या संस्थेत नव्यानेच नेमलेल्या पियर क्युरी या प्राध्यापकाबरोबर ओळख झाली. लवकरच ओळखीचे रुपांतर प्रेमात होऊन ती दोघे १८९५ मध्ये विवाहबद्ध झाली. विवाहानंतरही तिने आपले संशोधन चालू ठेवले. फक्त ते संशोधन सॉरबॉनमध्ये करण्याअैवजी, पियर क्युरी प्राध्यापक म्हणून कार्य करीत होता त्या इकोल डी फिझिक अेट् डी केमी इंडस्ट्रिएल्स या संस्थेत केले. तिने केलेले संशोधन पोलादाच्या चुंबकीय गुणधर्माविषयी होते. या संशोधनास तिला सोसायटी फॉर दि अेन्करेजमेंट ऑफ नॅशनल इंडस्ट्री (राष्ट्रीय उद्योगधंद्यास प्रोत्साहन देणारी संस्था) या संस्थेकडून आर्थिक सहाय्य मिळाले. या संशोधनाविषयीची माहिती देणारा निबंध तिने १८९८ मध्ये प्रसिद्ध केला आहे. १९०० मध्ये पॅरीसजवळील सेव्हरेस गांवातील स्त्रियांच्या कॉलेजमध्ये तिला प्राध्यापक नेमण्यात आले. १९०३ मध्ये तिला डी.अेस्सी पदवी मिळाली व १९०४ साली तिला सॉरबॉन विद्यापीठात प्राध्यापक नेमण्यात आले. १९०६ मध्ये नवऱ्याच्या मृत्यूनंतर तिला त्याच्या जागेवर नेमण्यात आले. ४ जुलै १९३४ रोजी ती मृत्यू पावली.

नोबेल पारितोषिक मिळविण्याचा मान दोनदा मिळविणारी ती एकच शास्त्रज्ञ आहे. १९०३ मध्ये भौतिकशास्त्रातील संशोधनाबद्दल तिला व तिच्या पतीला नोबेल पारितोषिक मिळाले. तर १९११ साली रेडियम व पोलोनियम या मूलतत्त्वांचा शोध आणि रेडियमच्या रासायनिक गुणधर्मांचा अभ्यास याबद्दल तिला रसायन शास्त्रातील संशोधनाबद्दलचे नोबेल पारितोषिक मिळाले.

तिचे किरणोत्सर्ग विषयक संशोधन चालू राहावे यासाठी पॅरीसमध्ये रेडियम इन्स्टिटयूटची स्थापना करण्यात आली. त्या इन्स्टिटयूटच्या क्युरी प्रयोगशाळेची आखणी व उभारणी तिच्याच देखरेखीखाली करण्यात आली होती. रेडियम इन्स्टिटयूटची स्थापना केल्यापासून इहलोकचा निरोप घेईपर्यंत तिने त्या संस्थेचे प्रमुख पद भुषविले होते.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

पियर क्युरी व त्याचा बंधु जॅक्स क्युरी या दोघानी मिळून पिझो-इलेक्ट्रीसिटी विषयक संशोधन करुन, त्या विषयीचा संशोधन निबंध १८८१ मध्ये दोघा बंधुंच्या जोड नावाखाली प्रसिद्ध केला होता. इकोल डी फिझिक अेट् डी केमी इंडस्ट्रिएल्स या संस्थेत असताना पियर क्युरीने धातुंच्या चुंबकीय गुणधर्मात तपमानाप्रमाणे होणाऱ्या फरकावर संशोधन केले. फेरोमॅग्नेटिक धातुत मोडणारे (कायमस्वरूपी लोहचुंबकाचा गुणधर्म ज्यात येऊ शकतो असे) लोह, निकेल, कोबाल्ट आणि काही विशिष्ठ मिश्र धातु तापविल गेल्यास एका विशिष्ठ तपमानाला धातुतील चुंबकीय गुणधर्म नाहीसे होतात असे त्याला त्या संशोधनांती आढळून आले. या संशोधनाबद्दल पियर क्युरीचा गौरव करावा या हेतुने ज्या तपमानाला फेरोमॅग्नेटिक धातुचे चुंबकीय गुणधर्म नाहीसे होतात, त्या तपमानाला क्युरी तपमान म्हणतात. फेरोमॅग्नेटिक धातुंच्या चुंबकीय गुणधर्म विषयक लिहिलेल्या संशोधन ग्रंथास पॅरीसच्या सायन्स फॅकल्टीने मान्यता दिली व पियर क्युरीला १८९५ मध्ये डी. अेस्सी. पदवी बहाल करण्यात आली.

बेक्वेरेलने किरणोत्सर्गाचा आपला शोध जाहीर केल्यानंतर, इकोल डी फिझिक अेट् डी केमी इंडस्ट्रीअेल्स मध्ये अध्यापनाचे काम करणाऱ्या क्युरी पती-पत्नीने किरणोत्सर्ग विषयक संशोधनास सुरवात केली. युरॅनियममधून जसा किरणोत्सर्ग होतो तसा इतर काही पदार्थातून होतो का हे त्यानी प्रथमत: पाहिले. युरॅनियममधून किरणोत्सर्ग होतो त्यासारखाच किरणोत्सर्ग थोरीयममधून व थोरीयमच्या क्षारामधून होत असतो असे त्यानी शोधून काढले. इलेक्ट्रोस्कोपच्या विद्युतभारवाही धातुपट्टीजवळ परीक्षणासाठी घेतलेला पदार्थ आणून, इलेक्ट्रोस्कोपची सुवर्णपत्रे किती लवकर अेकमेकाजवळ येतात हे पाहून पदार्थातून किरणोत्सर्ग होतो की नाही हे ठरविण्याची पद्धत त्यानी संशोधनासाठी वापरली.

थोरीयमची संयुगे किरणोत्सर्गी असतात हे ठरविल्यानंतर युरॅनियम व थोरीयम या दोन्ही धातुंची खनिजे व हे दोन्ही धातु ज्यात सापडतात अशी खनिजे मेरी क्युरीने तपासणीसाठी घेतली. त्यातील युरॅनियमचे पिचब्लेन्डे हे खनिज तपासत असता तिला असे आढळले की त्या खनिजातून होणारा किरणोत्सर्ग युरॅनिममधून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाच्या चौपट आहे. त्यामुळे या खनिजात युरॅनियम किंवा थोरीयम यांच्यापेक्षा कित्येक पट अधिक किरणोत्सर्गी मूलतत्त्व असले पाहिजे असा कयास तिने बांधला. त्यानंतर क्युरी पतीपत्नीने पिचब्लेन्डेमधून ते

तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्व शोधून काढणाऱ्या प्रयत्नास हात घातला. त्याच्या कार्याचे महत्व ओळखून ऑस्ट्रियन सरकारने त्याच्या ताब्यातील जोकीमस्थळ खाणीतील तीन टन पिचब्लेन्डे खनिज संशोधनासाठी क्युरी पतिपत्नीच्या स्वाधीन केले. सुदैवाने पिचब्लेन्डेमधून युरॅनियमहून अधिक तीव्र किरणोत्सर्गी दोन मूलतत्त्वे मिळविण्यात ते संपूर्णपणे यशस्वी झाले. पिचब्लेन्डे खनिजात बिस्मथसदृश रासायनिक गुणधर्म असणारे पण युरॅनियमहून किती तरी जास्त तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्व आहे असे त्यानी प्रथमत: शोधून काढले.या तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्वाला मेरी क्युरीच्या मातृभूमीचा गौरव करण्याच्या हेतुने, पोलंड या देशाच्या नावावरुन तयार केलेले पोलोनियम असे नाव देण्यात आले. पिचब्लेन्डेमध्ये युरॅनियम व पोलोनियम खेरीज इतरही काही मूलतत्त्वे आहेत. त्यात बेरीयमचा समावेश होतो. पिचब्लेन्डेमधील निरनिराळी मूलतत्त्वे परस्परापासून अलग करीत करीत त्यानी बेरीयम संयुगे इतर सर्व मूलतत्त्वांच्या संयुगापासून अलग केली त्यावेळी त्या बेरीयम संयुगाबरोबर बेरीयमसदृश रासायनिक गुणधर्म असलेल्या व पोलोनियमहूनही अत्यंत तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्वाची संयुगे मिळाली. त्या मूलतत्त्वाचा अत्यंत तीव्र किरणोत्सर्ग लक्षात घेऊन, त्या मूलतत्त्वाचे रेडीयम असे नाव ठेवण्यात आले. पोलोनियम व रेडीयम या दोन्ही मूलतत्त्वांचा शोध १८९८ मध्ये लागला व त्यांच्या शोधाचा वृत्तांत, फ्रेंच अॅकेडमीच्या त्या वर्षीच्या 'कॉम्प्ते रेन्द' या नियत-कालिकात आला.१८९८ मध्ये क्युरी पतिपत्नीला पोलोनियम व रेडीयम या दोन्ही मूलतत्त्वांचे क्षार अशुद्ध स्वरुपात व अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात मिळाले होते. त्यानंतर ऑस्ट्रियन सरकारकडून आलेल्या तीन टन पिचब्लेन्डे खनिजावर प्रक्रिया करीत करीत, त्यानी १९०२ मध्ये शंभर मिलीग्रॅम शुद्ध रेडीयम क्लोराईड मिळविले. १९०६ मध्ये पियर क्युरीचा अपघाती मृत्यू झाल्यानंतरही, आपले संशोधन कार्य चालू ठेवून १९१० मध्ये शुद्ध रेडीयम मिळविला.

नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर मेरी क्युरीने केलेल्या भाषणातला लहानसा उतारा पुढे दिला आहे.

"युरॅनियममधून व युरॅनियम संयुगामधून सतत किरणोत्सर्ग चालू असतो हे १८९८ साली बेक्वेरेलने शोधून काढले. युरॅनियममधून बाहेर पडणारे किरण साधारण तीव्रतेचे असतात. त्यांचा फोटोग्राफिक प्लेटवर परिणाम होतो, ते किरण काळ्या कागदातून किंवा धातुच्या पातळ पत्र्यातून पलीकडे जातात व ते आपल्या भोवतालची हवा विद्युतवहनक्षम बनवितात. काळाचा व तपमानाचा या

किरणोत्सर्गावर परिणाम होत नाही. ते किरण युरॅनियममधून का बाहेर पडतात त्याचे कारण अद्यापि समजून आले नाही.

थोरीयम व थोरीयम संयुगे सुद्धा युरॅनियमसारखाच किरणोत्सर्ग करीत असतात असे फ्रान्समधील मेरी क्युरी या विदुषीने व जर्मनीतील श्मिट या शास्त्रज्ञाने दाखवले आहे. १८९८ मध्ये मेरी क्युरीने असे दाखवून दिले की प्रयोगशाळेत तयार केलेल्या किंवा वापरात असलेल्या सर्व पदार्थांत युरॅनियम व थोरीयम संयुगामध्येच किरणोत्सर्ग करण्याची शक्ति आहे. हे लक्षात घेऊन, अशा पदार्थांना रेडिओ ॲक्टिव्ह किंवा किरणोत्सर्गी म्हणावे असा निर्णय घेण्यात आला.

किरणोत्सर्गाचा हा गुणधर्म युरॅनियम व थोरीयम अणुंचा विशिष्ठ गुणधर्म आहे, कारण संयुगात किंवा पदार्थांत किती प्रमाणात थोरीयम किंवा युरॅनियम आहे यावर त्या पदार्थातून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाची तीव्रता अवलंबून असते.

किरणोत्सर्ग हा युरॅनियम व थोरीयम अणुंचा विशिष्ठ गुणधर्म आहे हे तत्व लक्षात घेऊन, मेरी क्युरीने थोरीयम व युरॅनियम खनिजांचे परीक्षण केले. या दोन धातुंची सर्व खनिजे किरणोत्सर्गी आहेत असे तिला आढळले. पण या खनिजातून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाच्या तीव्रतेचे मापन करता, काही खनिजातून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाची तीव्रता, त्यातील थोरीयमच्या किंवा युरॅनियमच्या किंवा युरॅनियमच्या प्रमाणाच्या मानाने किती तरी पट जास्त असल्याचे आढळून आले. तेव्हा अशा खनिजात,थोरीयम किंवा युरॅनियमहून अधिक तीव्र किरणोत्सर्गी व अद्यापही अज्ञात असलेले मूलतत्त्व असावे असे तिने ठरविले. यानंतर आम्ही दोघांनी, युरॅनियमच्या पिचब्लेन्डे खनिजातून ते अधिक तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्व मिळविण्याचा प्रयत्न केला. पिचब्लेन्डे खनिजाचे रासायनिक पृथक्करण करुन व त्यातील वेगवेगळ्या भागांच्या किरणोत्सर्गाचे मापन करीत असता, बिस्मथसारखे रासायनिक गुणधर्म असलेले व युरॅनियमहून अधिक तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्व आम्हाला सापडले. त्या मूलतत्त्वाला आम्ही मेरी क्युरीच्या मातृभूमीच्या नावावरुन तयार केलेले पोलोनियम असे नाव दिले. त्यानंतर बेमॉन्ट या शास्त्रज्ञाचे सहाय्य घेऊन व क्रमश: अथवा प्रभावी स्फटिकीकरणाची पद्धत वापरुन, आम्ही रासायनिक दृष्टया बेरीयमसारखा व अत्यंत तीव्र किरणोत्सर्गी भाग मिळविला. या भागातील संयुगे ज्या तीव्र किरणोत्सर्गी मूलतत्त्वाची आहेत, त्या मूलतत्त्वास आम्ही रेडियम असे नाव दिले. यानंतर डी बर्नी या

संशोधकाने दुर्मिळ मृत्तिका वर्गातील मूलतत्त्वासारखे रासायनिक गुणधर्म असणारे ॲक्टिनियम हे मूलतत्त्व मिळविले.

पोलोनियम, रेडियम वॲक्टिनियम ही तीनही मूलतत्त्वे पिचब्लेन्डे खनिजात अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात असतात. पण त्यांच्या किरणोत्सर्गाची तीव्रता, युरॅनियममधून होणाऱ्या किरणोत्सर्गाच्या जवळ जवळ वीस लाख पट आहे. जवळ जवळ तीन टन पिचब्लेन्डे खनिजातून, त्यातील वेगवेगळे घटक क्रमश: स्फटिकीकरणाच्या पद्धतीने वेगळे करीत, आम्हाला बेरीयम व रेडियम क्षारांचा तीव्र किरणोत्सर्गी भाग मिळाला. या भागातून अकिरणोत्सर्गी बेरीयम क्षार क्रमश: स्फटिकीकरणाच्या पद्धतीने अलग केल्यानंतर आम्हाला फक्त तीनशे मिलीग्रॅम शुद्ध रेडियम क्षार मिळाला.

संशोधनाचे परिणाम

क्युरी पतिपत्नीकडून मिळविलेला रेडियम क्षार वापरून, बेक्वेरेलने १८९९ मध्ये त्या मूलतत्त्वातून बाहेर पडणाऱ्या किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा काय परिणाम होतो हे अभ्यासले व ते किरण आणि कॅथोड किरण यात बरेच साम्य असल्याचे दाखवून दिले. कॅथोड किरणातील सूक्ष्म कणांचा वेग आणि त्यावरील विद्युतभार मोजण्याची जे. जे. थॉमसनची पद्धत वापरुन, त्याने रेडियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांचा वेग जवळजवळ प्रकाशाच्या वेगाइतका म्हणजे दर सेकंदास जवळ जवळ १८६००० मैल आहे असे ठरविले. रेडियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांची तीव्रता व पोलोनियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांची तीव्रता यांची तुलना करता, पोलोनियममधून बाहेर पडणारे किरण, रेडियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणाहून कमी तीव्र असतात व त्यामुळे त्याना पदार्थात प्रवेश करण्याची कमी शक्ति असते असेही त्याला आढळले. त्यामुळें रेडियममधून दोन प्रकारचे किरण बाहेर पडत असतात असा निष्कर्ष त्याने काढला.

बेक्वेरेलने हे संशोधन केले त्याच वर्षी मॅक्गिल विद्यापीठात भौतिकी-शास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नुकतीच नेमणूक झालेल्या अर्नेस्ट रदरफोर्डने युरॅनियमधून बाहेर पडणारा किरणोत्सर्ग दोन प्रकारचा आहे असे ठरवले. त्यातील पहिल्या प्रकारच्या किरणास त्याने अल्फा किरण व दुसऱ्या प्रकारच्या किरणास बीटा किरण अशी नावे दिली. किरणोत्सर्गी पदार्थातून बाहेर पडणारा किरणोत्सर्ग, मूळच्या निमपट होण्यासाठी त्याच्या मार्गांत ठेवाव्या लागणाऱ्या ॲल्युमिनियमच्या पत्र्याची जाडी मोजून, अल्फा किरणापेक्षा बीटा किरणांना

पदार्थांत प्रवेश करण्याची शक्ति बरीच जास्त आहे असे त्याने ठरविले. १९०० साली अल्फा व बीटा किरणापेक्षा प्रवेशशक्तिमूल्य खूपच अधिक असलेले किरण रेडियममधून होणाऱ्या किरणोत्सर्गात असतात असे विलार्ड या संशोधकाने शोधून काढले व त्या अधिक शक्तिशाली किरणांना गॅमा असे नाव दिले. गॅमा किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा काही परिणाम होत नाही असे त्याला आढळून आले. हीच गोष्ट बेक्वेरेललाही आपल्या संशोधनात आढळून आली. शिवाय गॅमा किरण व क्ष किरण यात खूपच साम्य असल्याचे त्याला आढळले. (क्ष किरण या अतिसूक्ष्म प्रकाशलहरी किंवा अतिसूक्ष्म विद्युतचुंबकीय लहरी असून त्यांची लांबी क्ष किरणांच्या विद्युतचुंबकीय लहरींच्या लांबीहून कमी आहे असे आता मान्य झाले आहे.) अल्फा किरण म्हणजे किरणोत्सर्गी पदार्थातून बाहेर पडणाऱ्या वेगवान कणांचा झोत आहे असे मत मेरी क्युरीने १९०० साली मांडले. पोलोनि-यममधून फक्त अल्फा किरण बाहेर पडत असतात तर रेडियममधून अल्फा व बीटा किरण बाहेर पडत असतात हे आता माहीत झाले आहे. म्हणजे पोलोनियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांचे प्रवेशशक्तिमूल्य, रेडियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांच्या प्रवेशशक्तिमूल्याहून कमी आहे असे बेक्वेरेलला का आढळले याचे स्पष्टीकरण आता देता येते. रेडियममधून बाहेर पडणाऱ्या बीटा किरणांचे प्रवेशशक्तिमूल्य, अल्फा कणांच्या प्रवेशशक्तिमूल्याहून अधिक असल्याने असा प्रकार होतो. मेरी क्युरीच्या अल्फा किरणांच्या स्वरुपाविषयीच्या मताला, रदर-फोर्डने १९०३ साली केलेल्या संशोधनाने दुजोरा व पुष्टी मिळाली. अल्फाकणावर धनविद्युतभार असतो असे रदरफोर्डने सिद्ध केले. त्यानंतर हेलियमचा अणुगर्भ म्हणजे अल्फा कण होय असे सिद्ध झाले. बीटा किरण म्हणजे वेगवान ऋणकण किंवा अिलेक्ट्रॉन होत हे बेक्वेरेलचे म्हणणेही मान्य झाले आहे.

निर्वातनलिकेतून विद्युतवहन करण्यासाठी, मोठ्या प्रमाणावर विद्युत उर्जा खर्च करुन, क्ष किरण, कॅथोड किरण व गोल्डस्टीनने शोधून काढलेले कॅनाल किरण यांचे शोध लागले आहेत. त्या उलट युरॅनियममधून व क्युरी दांपत्याने शोधून काढलेल्या पोलोनियम व रेडियममधून काहींही न करता अतिवेगवान कण किंवा किरण बाहेर पडत असतात. या कणांना प्रचंड वेग येण्यास अशक्य इतकी उर्जा कोठून मिळते? या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी केलेल्या प्रयत्नातून, अणूंची रचना बहुतांशाने समजली आहे.

― ― ― ― ―

१९०४

जॉन विल्यम स्ट्रट (बॅरन रॅले)

(१८४२–१९१९)

" वायुंच्या घनतेविषयीचे संशोधन व त्यावरुन आर्गन वायुचा शोध याबद्दल नोबेल पारितोषिक "

चरित्र

इंग्लंडच्या इसेक्स परगण्यातील विथॅम गावच्या टर्लिंग प्लेसमध्ये, जॉन विल्यम स्ट्रटचा १२ नोव्हेंबर १८४२ रोजी जन्म झाला. त्याच्या बालपणी प्रकृतिच्या अस्वास्थ्यामुळे, त्याच्या शिक्षणात पुन्हा पुन्हा खंड पडत गेला. ईटन व हॅरो येथील विद्यालयात काही काळ अभ्यास केल्यानंतर, घरी शिक्षक ठेवून अंतिम शालेय परिक्षेस त्याला बसविण्यात आले. ती परीक्षा उत्तीर्ण झाल्यानंतर १८६१ च्या ऑक्टोबर महिन्यात त्याने केम्ब्रिजच्या ट्रिनिटी कॉलेजमध्ये प्रवेश मिळविला व इ. जे. राउथ या गणितज्ञाच्या देखरेखीखाली अभ्यास करुन, १८६४ मध्ये खगोलशास्त्र विषयीची शिष्यवृत्ती मिळविली, १८६५ मध्ये तो सिनियर रँग्लरची परीक्षा उत्तीर्ण झाला. १८६६ मध्ये ट्रिनिटी कॉलेजने त्यास 'फेलो' नेमले. ही त्याची फेलोशिप १८७१ पर्यंत चालू होती. लंडनच्या रॉयल सोसायटीने त्याची सभासद म्हणून निवड केली, त्याच वर्षी त्यास सरदारकी मिळून तो लॉर्ड रॅले या नावाने ओळखला जाऊ लागला.

केम्ब्रिज विद्यापीठाची जगप्रसिद्ध कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळा १८७४ मध्ये बांधण्यात आली व तिच्या संचालकपदी क्लार्क मॅक्सवेलची नेमणूक झाली. १८७९ साली क्लार्क मॅक्सवेलचा मृत्यू झाल्यानंतर, त्याच्या मृत्यूने रिकाम्या झालेल्या जागेवर, लॉर्ड रॅलेची नियुक्ती करण्यात आली. संशोधन व अध्यापन यांचे एक प्रमुख केंद्र म्हणून, त्या प्रयोगशाळेला मान्यता मिळवून देण्यामागे लॉर्ड रॅलेचे परिश्रम बऱ्याच अंशी कारणीभूत आहेत. १८८४ साली त्याने कॅव्हेन्डिश प्रयोग–शाळेच्या संचालक पदाचा राजीनामा दिला. १८८५ मध्ये त्याला लंडनच्या रॉयल

सोसायटीचा चिटणीस नेमण्यात आले. यानंतर दोन वर्षांनी म्हणजे १८८७ मध्ये ग्रेट ब्रिटनच्या रॉयल इन्स्टिटयूशनमध्ये त्याची भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून नेमणूक झाली. १९०५ मध्ये रॉयल सोसायटीचा अध्यक्ष म्हणून त्याची निवड झाली. १९०८ मध्ये त्यास केम्ब्रिज विद्यापीठाचा चॅन्सेलर किंवा कुलपती नेमण्यात आले.

इंग्लंडमध्ये भौतिकीशास्त्रासाठी वेगळी स्वतंत्र संस्था असावी यासाठी इंग्लिश शास्त्रज्ञानी केलेल्या चळवळीचे पुढारीपण त्याच्याकडे होते. लॉर्ड रॅले व त्याचे त्या चळवळीतील सहकारी यांच्या प्रयत्नामुळे मिडलसेक्स परगण्यात टेडिंगटन येथे इंग्लंडच्या नॅशनल फिझिकल लॅबोरेटरीची (राष्ट्रीय भौतिकीशास्त्र-प्रयोगशाळा) १९०० साली स्थापना झाली. शास्त्रीय जगात तिला जे विशिष्ठ व महत्वाचे स्थान प्राप्त झाले आहे, ते प्राप्त करुन देण्यात लॉर्ड रॅलेचा सिंहाचा वाटा आहे. हवेत उड्डाण करण्यासाठी, या विसाव्या शतकाच्या सुरवातीला मानवाचे जे प्रयत्न चालू होते त्यात लॉर्ड रॅले विशेष रस घेत असे. हवेत उड्डाण करण्याविषयींचे त्याचे औत्सुक्य लक्षात घेऊन, इंग्लंडचे मुख्य प्रधान ॲस्क्विथ यानी १९०९ मध्ये, हवेत उड्डाण करण्याविषयींच्या प्रश्नावर ब्रिटिश सरकारला सल्ला देणाऱ्या कमिटी ऑफ ॲरोनॉटिक्सचे (विमान विद्या समितीचे) अध्यक्षपद त्याच्याकडे सोपविले.नॅशनल फिझिकल लॅबोरेटरीचे एक उपांग म्हणून या समितीची स्थापना करण्यात आली होती. या समितीने हवेत उड्डाण करण्याविषयीच्या विविध प्रश्नावर ब्रिटिश सरकारला महत्वाचा सल्ला दिला आहे. हवेत उड्डाण करण्यासाठी जी विमाने तयार करायची, त्यांच्या मापांना धरुन लहान मापाच्या छोटयाशा प्रतिकृति करुन, त्यांची प्रथमतः चाचणी घ्यावी ही या समितीची सूचना विमान बांधणीच्या कामी विशेष उपयुक्त ठरली आहे. सध्या तर विमानांच्या छोटया प्रतिकृतींच्या अशा प्रकारच्या चाचण्या हा विमान बांधणी तंत्राचा एक अविभाज्य भाग आहे.

इंग्लंडची सागरी वाहतूक करणारी जहाजे व ती चालविणारे खलाशी यांच्या हितसंबंधांचे संरक्षण करणाऱ्या ट्रिनिटी हाउसने १८९६ साली लॉर्ड रॅलेला आपला सल्लागार नेमले. ट्रिनिटी हाऊसचा सल्लागार या नात्याने त्याने धुक्यातून जहाजे हाकारताना येणारे संभाव्य धोके टाळण्यासाठी धोक्याची सूचना कशी द्यावी याचा विचार केला व अशा वेळी काही ठराविक आवाजाच्या सहाय्याने सूचना देण्याऐवजी, बिनतारी तारायंत्रांच्या सहाय्याने धोक्याची सूचना द्यावी असा निर्णय घेतला.

१९०२ साली सातव्या अेडवर्डच्या राज्यारोहण प्रसंगी, त्यास ' ऑर्डर ऑफ मेरिट ' हा बहुमान मिळाला. १९०४ साली त्यास भौतिकीशास्त्रातील संशोधनाबद्दल नोबेल पारितोषिक मिळाले. नोबेल पारितोषिकाबरोबर मिळालेली सर्व रोख रक्कम, त्याने कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळेची वाढ करण्यासाठी केम्ब्रिज विद्यापीठाला देणगी दाखल दिली. १९०५ मध्ये त्यास ग्रेट ब्रिटनच्या प्रिव्ही कौन्सिलवर नेमण्यात आले. निरनिराळ्या देशातील शास्त्रीय संस्थानी त्यास आपला माननीय सभासद करुन घेतले किंवा त्यास आपल्या देशातील अत्युच्च माननीय पदवी अर्पण केली.

१८६९ मध्ये लॉर्ड रॅलेचा पहिला संशोधन निबंध प्रसिद्ध झाला. त्यात त्याने विद्युत–चुंबकीय लहरीविषयी काही विचार मांडले आहेत. त्यानंतरच्या दहा वर्षात त्याने भौतिकीशास्त्राच्या सर्व शाखात संशोधन केले. १८७० मध्ये त्याने रेझॉनन्स किंवा सहस्पंदन या विषयावर एक संशोधन निबंध प्रसिद्ध केला व त्यापाठोपाठ 'आवाज' या विषयावर बरेचसे संशोधन निबंध प्रसिद्ध केले. या सर्व निबंधाचा समावेश त्याने १८७७ साली प्रसिद्ध केलेल्या ' ट्रीटाइज ऑन साउंड ' (आवाज विषयीचा ग्रंथ) या ग्रंथात केला आहे. हवेतून जाणाऱ्या लहरींचा अभ्यास करता करता, त्याने ईथरमधून जाणाऱ्या लहरींचा व प्रकाशविषयक प्रश्नांचा अभ्यास सुरु केला. त्यातल्या त्यात त्याने सूक्ष्म कणांच्या योगे प्रकाशाचे विकरण या प्रश्नावर बरेच संशोधन केले. त्याशिवाय भौतिकीशास्त्रातील विविध प्रश्न निरनिराळ्या सरकारी संस्थानी त्याच्याकडे सोपविले. अशा प्रश्नांची उत्तरे शोधण्यात तो बऱ्याच अंशी यशस्वी झाला. लोलक व डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग (इंचाला आठ दहा हजार सरळ रेषा मारलेली काचपट्टी) यांच्या विकरण शक्तीचा त्याने प्रकाशाच्या लहरी मीमांसेच्या दृष्टीकोनातून विचार केला व डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंगची विकरणशक्ति, ग्रेटिंगवरील रेषांची संख्या गुणिले प्रकाशपट क्रमांक यावर अवलंबून असते व तिचा ग्रेटिंगवरील रेषामधील अंतराशी काही संबंध नाही असे सिद्ध केले. प्रसिद्ध केलेल्या एका प्रकाशविषयक संशोधन निबंधात त्याने आकाशाच्या निळ्या रंगाचे स्पष्टीकरण देण्याचा प्रयत्न केला आहे. हवेतील सूक्ष्म घन कणांच्यामुळे सूर्यप्रकाशाचे विकरण होते व त्या विकरणामुळे आकाशाला निळा रंग दिसतो असे मत त्याने मांडले. प्रकाशपटाच्या निळ्या भागातील प्रकाशलहरींचे, ताम्र भागातील प्रकाशलहरींपेक्षा जास्त विकरण होत असल्याने (प्रत्यक्षात लहरी लांबीच्या चतुर्थ वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात प्रकाशलहरींचे विकरण होत असते) सूर्यापासून दूर अंतरावर, विकरण झालेल्या प्रकाशकिरणामुळे आकाश दृश्य होत असल्याने निळे

दिसते. १८८७ मध्ये त्याने रंगित फोटोग्राफ काढण्याची पध्दत सुचविली. याच पद्धतीतील मुख्य तत्वावर लिपमन या शास्त्रज्ञाने रंगित फोटोग्राफ काढण्याचे तंत्र बसविले.

'ओम' या विद्युत विरोधाच्या एककाचे अचूक मूल्य ठरविण्यासाठी लॉर्ड रॅलेने केलेले संशोधन विशेष महत्वपूर्ण ठरले आहे. रोजच्या व्यवहारात विद्युतविरोध मोजण्यासाठी 'ओम' हे एकक वापरले जाते. जॉर्ज सायमन ओम (१७८७-१८५४) या जर्मन शास्त्रज्ञाने विद्युत विषयक केलेल्या संशोधनाची आठवण म्हणून विद्युतविरोधाच्या एककास ओम म्हणतात. सेन्टीमीटर-ग्रॅम-सेकंद पद्धतीवर आधारलेले शतकोटी केवळ एकक म्हणजे एक ओम अशी ओमची व्याख्या आहे. १८६३ मध्ये ब्रिटिश असोसिएशनच्या एका खास समितीने एक ओम विद्युतविरोध असण्यासाठी ०' से. ला पाऱ्याची उंची व लांबी-रुंदी किती असावी हे ठरविले होते. पण यानंतर समितीने ठरविलेले पाऱ्याच्या उंचीचे व लांबी-रुंदीचे प्रमाण अचूक आहे की नाही याबद्दल वाद निर्माण झाला. तो वाद मिटविण्याच्या दृष्टीने ब्रिटिश असोसिएशनने लॉर्ड रॅलेच्या अध्यक्षत्वाखाली एक नवीन समिती नेमली. या समितीने कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळेत पुन्हा एकवार प्रयोग करुन ओमचे मूल्य पुन्हा ठरवले. पूर्वी ठरवलेले ओमचे मूल्य खऱ्या ओमपेक्षा थोडे कमी असल्याचे सिद्ध झाले. लॉर्ड रॅलेने केलेल्या प्रयोगावरुन ओमच्या मूल्यात अवश्य ती सुधारणा करण्यात आली. १९०८ मध्ये लॉर्ड रॅलेच्या अध्यक्षतेखाली भरलेल्या इलेक्ट्रिशियनच्या (विद्युत तंत्र विशारदांच्या) आंतरराष्ट्रीय परिषदेने ब्रिटिश असोसिएशनने ठरवलेले ओमचे मूल्य मान्य केले.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

ऑक्सिजन व नायट्रोजन या दोन वायूंची घनता अचूक ठरविण्यासाठी लॉर्ड रॅलेने जे अत्यंत परिश्रमपूर्वक संशोधन केले,त्या संशोधनातूनच वातावरणातील आर्गन वायुचा शोध लागला व त्या शोधाबद्दलच त्याला नोबेल पारितोषिक मिळाले. १८१५ मध्ये विल्यम प्राउट या संशोधकाने अशी एक कल्पना मांडली होती की मूल तत्वांचे अणुभार हायड्रोजनच्या अणुभाराचे पूर्ण गुणक (पूर्णांकात मांडण्यासारखे) असतात. रसायनशास्त्रज्ञ म्हणतात तशी निरनिराळी मूलतत्वे अस्तित्वात नाहीतच. हायड्रोजनचे अणु निरनिराळ्या संख्येने एकत्र आल्याने निरनिराळ्या मूल तत्वांचे अणु तयार होत असतात. म्हणजे हायड्रोजनच्या निरनिराळ्या स्वरुपानाच आपण निरनिराळी मूल तत्त्वे समजत असतो.उदाहरणार्थ

हायड्रोजनचे सोळा अणु एकत्र आल्याने ऑक्सिजनचा अणु तयार होतो व हायड्रोजनचे चौदा अणु एकत्र आल्याने नायट्रोजनचा अणु तयार होतो. प्राउटच्या कल्पनांचा शास्त्रशुद्ध विचार व्हावा असे लॉर्ड रॅलेला वाटत होते. प्राउटच्या कल्पना बरोबर असल्यास, ऑक्सिजनची तौलनिक घनता (हायड्रोजनची घनता एक आहे असे मानल्यास) सोळा असायला पाहिजे होती. पण प्रत्यक्षात ती १५.९६ होती. प्राउटच्या कल्पनाना मान्यता देण्यात ती एक अडचण होती. त्यामुळे ऑक्सिजनची व तिच्या जोडीला नायट्रोजनची घनता अचूक ठरवावी असे लॉर्ड रॅलेच्या मनात आले. या दोन वायुंची घनता अचूक ठरविण्यासाठी केलेल्या प्रयोगातूनच आर्गनचा शोध लागला. या शोधाची माहिती लॉर्ड रॅलेच्या शद्बात देणे योग्य ठरेल. नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर, त्याने दिलेल्या व्याख्यानात ही कथा आली आहे.

"गेली वीस वर्षे किंवा त्याहूनही अधिक काळ वायुंची घनता हा विषय माझ्या मनात घोळत होता. १८८२ साली ब्रिटिश असोसिएशनमध्ये दिलेल्या एका व्याख्यानात, वायुंच्या घनतेचे पुन्हा एकदा मापन केले पाहिजे असा विचार मी मांडला होता. १८१५ साली प्राउटने मांडलेल्या कल्पनांचा पुनर्विचार व्हावा असे मला सारखे वाटत राहिले होते. त्यावेळी रेनॉल्ट या शास्त्रज्ञाने ठरविलेल्या वायुंच्या घनता मान्य झाल्या होत्या. ऑक्सिजनची घनता हायड्रोजनच्या घनतेच्या १५.९६ पट आहे असे रेनॉल्टने ठरवले होते. या घनतेत सोळा या पूर्णांकापासून दिसणारा थोडासा फरक, एखाद्या क्षुल्लक प्रायोगिक चुकीमुळे आला असावा असे मला वाटले."

वायुंची घनता मोजण्याचे काम आम्ही दोघानी—म्हणजे मी व श्री. कुक यानी स्वतंत्रपणे केले. आम्ही दोघानीही यासाठी रेनॉल्टचीच पद्धत वापरली. या पद्धतीत ज्या गोलात वायु घेतात, त्या गोलाच्या बाह्य घनफळ असलेला दुसरा पोकळ गोल तराजूच्या दुसऱ्या पारड्यात ठेवतात. वायुने भरलेला गोल अर्थात तराजूच्या पहिल्या पारड्यात असतो. असे केल्याने वातावरणाच्या घनतेत काही फरक झाले तर त्या फरकांचा वायुच्या घनतेवर काही परिणाम होत नाही. वायु भरायचा गोल, वायुने न भरता आहे तसाच पारड्यात ठेवला किंवा वातावरणा—इतक्या दाबाखालील हायड्रोजन वायुने भरुन वापरला तर त्यामुळे वायुची घनता मोजण्यात येणाऱ्या अनिश्चिततेपेक्षा जास्त अनिश्चितता, दुसऱ्या पारड्यात रेनॉल्टप्रमाणे पहिल्या गोलाच्या बाह्य घनफळाइतके घनफळ असलेला दुसरा गोल न ठेवता वजन केल्यास आणि वजन करते वेळी वातावरणाच्या दाबात फेर

झाल्यास येते--म्हणजे वायुच्या घनतेत 'वातावरणाच्या दाबाप्रमाणे फरक पडू लागतो. कुकने वायुंच्या घनतेचे मापन माझ्या आधी केले. रेनॉल्टने ठरवलेल्या वायुच्या घनतेत व कुकने नव्याने ठरवलेल्या वायुच्या घनतेत काहीही फरक नव्हता. पण या दोघांच्या मापनात एक महत्वाची गोष्ट विचारात घ्यायची राहून गेले होते. गोलात निर्वात असल्यावर त्याचे बाह्य घनफळ जितके असेल तितकेच ते त्या गोलात वातावरणाइतक्या दाबाखाली वायु भरल्यास असले पाहिजे असे रेनॉल्टने व कुकने गृहित धरले होते. वातावरणाइतक्या दाबाखाली गोलात वायु भरल्यावर गोलाचे बाह्य घनफळ, त्याच गोलात निर्वात असल्यास त्या गोलाच्या बाह्य घनफळाहून जास्त असते, ही गोष्ट ध्यानात घेऊन, वायुंच्या घनतेचे गणित पुन्हा मांडल्यास, ऑक्सिजनची तौलनिक घनता १५.८८ आली. म्हणजे प्राउटच्या नियमापासूनचा दुरावा माझ्या प्रयोगाने कमी होण्या ऐवजी जास्तच वाढला.

यानंतर मी नायट्रोजनच्या घनतेचे मापन केले. हारकोर्टने प्रथमत: वापरलेली व विल्यम रॅम्सने मुद्दाम शिफारस केलेली नायट्रोजन तयार करण्याची पद्धत वापरुन मी नायट्रोजन वायु मिळविला व त्याच्या घनतेचे मापन केले. द्रव अमोनियामध्ये हवेचे बुडबुडणे सतत चालू ठेवून, त्या अमोनियायुक्त हवेचा प्रवाह काचनलिकेत ठेवलेल्या तप्त तांब्यावरुन जाऊ दिल्यास, अमोनियातील हायड्रोजनचे हवेतील ऑक्सिजनमुळे ऑक्सिकरण होते व नायट्रोजन वायु तयार होतो. तप्त तांब्यावरून जाणारा अमोनियायुक्त हवेचा प्रवाह सल्फ्युरिक अम्लमधून नेल्यास, ऑक्सिकरण न झालेला अमोनिया वायु त्या अम्लामध्ये शोषला जातो व पुढे फक्त शुद्ध नायट्रोजन मिळतो. या पद्धतीत तांब्यामुळे ऑक्सिकरणाच्या क्रियेसाठी जास्त पृष्ठभाग मिळतो व शिवाय तांब्याच्या रंगावरुन ऑक्सिकरणाची अभिक्रिया चालू आहे किंवा नाही ते कळते. तांब्याचा पृष्ठभाग जोपर्यंत काळा पडत नाही, तो पर्यंत हवेतील ऑक्सिजनची अमोनियाबरोबर अभिक्रिया चालू आहे असे समजून येते.

बरेचसे प्रयोग केल्यानंतर, नायट्रोजनच्या घनतेचे एकच मूल्य येऊ लागले.तेव्हा नायट्रोजनची घनता मोजण्याचे काम संपले असे मला वाटू लागले.पण नंतर माझ्या लक्षात आले की नायट्रोजन मिळविण्याची माझी पद्धत व तो वायु मिळविण्याची रेनॉल्टची पद्धत एकच नाही. शिवाय निरनिराळ्या पद्धतींनी नायट्रोजन तयार करुन, त्या निरनिराळ्या नायट्रोजनची घनता एकच येते की नाही हे पाहाणे जरूर आहे असे मला वाटू लागले. म्हणून नायट्रोजन मिळविण्या-

साठी जुनीच पद्धत वापरण्याचे मी ठरवले. या परंपरागत जुन्या पद्धतीत, लालभडक तप्त तांब्यावरुन हवेचा प्रवाह पुन्हा पुन्हा खेळवतात, म्हणजे हवेतील ऑक्सिजनची तांब्याबरोबर अभिक्रिया होऊन, क्युप्रिक ऑक्साईड तयार होते व मागे नायट्रोजन राहातो. या पद्धतीने नायट्रोजन तयार करुन, मी त्याची घनता मोजली. माझ्या घनता – मापनात चूक नाही असे वाटण्याइतपत माझे प्रयोग यशस्वी झाले. पण आश्चर्याची गोष्ट ही की अमोनियाच्या ऑक्सिकरणाने मिळविलेल्या नायट्रोजनची घनता व हवेतील ऑक्सिजन रासायनिक अभिक्रियेने काढून घेतल्यावर मागे राहिलेल्या नायट्रोजनची घनता एकच नव्हती. दोन्ही प्रकारच्या नायट्रोजनच्या घनतेत तसा फार मोठा फरक नव्हता. फरक अगदी सूक्ष्म होता. पण तो फरक प्रयोगातील संभाव्य अनिश्चिततेपलीकडचा होता. अमोनियाच्या ऑक्सिकरणाने मिळविलेली नायट्रोजनची घनता, हवेतील नायट्रोजनच्या घनतेहून थोडी जास्त होती. प्रयोगासाठी वापरलेल्या नायट्रोजनच्या नमुन्यात, ओळखता येण्यासारखी काही अशुद्धता आल्याने, घनतेतला हा फरक आला आहे की काय हेही मी पाहिले. पण ओळखता येण्यासारखी कोणतीही अशुद्धता नायट्रोजनच्या नमुन्यात नव्हती. त्यामुळे पुढील मार्ग खुंटला असे वाटू लागले. प्रयोग करीत असता, एखादी विसंवादीतता आढळल्यास, ती काही तरी क्षुल्लक आहे असे समजून पुढे जाण्याऐवजी, ती फार मोठी आहे असे समजून ती नाहीशी करण्याचा प्रयत्न करणे फायद्याचे असते. तसे पाहायला गेल्यास दोन प्रकारच्या नायट्रोजनमध्ये असा काय फरक होता? एक अगदी पूर्णपणे हवेतला नायट्रोजन होता आणि दुसऱ्यामध्ये साधारणपणे वीस टक्के, अमोनियापासून तयार केलेला नायट्रोजन मिसळलेला होता. अमोनियाचे हवेतील ऑक्सिजनने ऑक्सिजन करुन, दोन प्रकारच्या नायट्रोजनचे मिश्रण प्रयोगात वापरण्याऐवजी, शुद्ध ऑक्सिजनने अमोनियाचे ऑक्सिकरण केल्यावर मिळणारा नायट्रोजन, फक्त अमोनियातील नायट्रोजन असेल, या कल्पनेने मी ती पद्धत वापरून त्या प्रकारचा नायट्रोजन मिळविला व त्याची घनता मोजली. तेव्हा रासायनिक अभिक्रियेने मिळविलेला नायट्रोजन, हवेतल्या नायट्रोजनपेक्षा १/२०० भाग हलका असल्याचे दिसून आले. दोन प्रकारच्या नायट्रोजनच्या घनतेत फरक असण्याचे काय कारण असावे याचा विचार करता दोन प्रकारची स्पष्टीकरणे माझ्या डोळ्यासमोर आली. माझ्या रसायनशास्त्रज्ञ मित्रानी असे सुचविले की हवेमध्ये नायट्रोजनपेक्षा जास्त घनता असलेला एखादा वायु असावा. अमोनियापासून मिळविलेल्या नायट्रोजनमध्ये सर्वच भाग नायट्रोजन-रेणु नाहीत तर त्यातील काही नायट्रोजन रेणूंचे विचरण होऊन नायट्रोजन अणु तयार झाल्याने, त्या नायट्रोजनची घनता कमी

आहे असे दुसरे स्पष्टीकरण होते. हे दुसरे स्पष्टीकरण मान्य करण्यात एक अडचण होती. काही नायट्रोजन रेणूंचे विचरण होऊन नायट्रोजन अणु तयार झाले असल्यास, नायट्रोजन अणु फार वेळ अणुस्थितीत राहाणे शक्य नसल्याने, म्हणजे त्यांचे पुन्हा अणु होण्याची शक्यता जास्त असल्याने, अमोनियापासून तयार केलेल्या नायट्रोजनची घनता, ती काही काळ ठेवल्यानंतर बदलायला पाहिजे.तेव्हा अमोनियापासून मिळविलेला नायट्रोजन मी आठ महिने बाजूला ठेवून दिला व त्यानंतर त्याची घनता पुन्हा मोजली. तेव्हा ती पहिल्या इतकीच असल्याचे आढळले. त्यामुळे दुसरे स्पष्टीकरण आपोआपच निकालात निघाले.

पहिले स्पष्टीकरण मान्य करायचे म्हटल्यास, हवेतील नायट्रोजनमधून फक्त नायट्रोजनचे शोषण केल्यास, मागे नायट्रोजनहून जास्त घन वायु मिळविला पाहिजे. हवेतील नायट्रोजनमधून फक्त नायट्रोजनचे शोषण कसे करायचे हा एक महत्वाचा व अवघड प्रश्न होता. हवेतल्या नायट्रोजनमधून फक्त नायट्रोजनचे शोषण करण्याचे काम मी आणि विल्यम रॅम्सने प्रथमत: स्वतंत्रपणे आणि नंतर एकत्र मिळून करायला घेतले. यासाठी दोन पद्धती आम्हाला वापरता येण्यासारख्या होत्या. नायटरमधील नायट्रोजन आणि हवेमधील ज्वलनाला मदत न करणारा जवळ जवळ ऐंशी टक्के भाग एकच होत असे कॅव्हेन्टिशने सिद्ध केले, त्यावेळी त्याने वापरलेली पद्धत, फक्त नायट्रोजनचे शोषण करण्यासाठी वापरता येत होती. कॅव्हेन्डिशच्या या पद्धतीत नायट्रोजन व ऑक्सिजन यांच्या मिश्रणात विद्युत्स्फुलिंग पाडत राहिल्यास, नायट्रोजन व ऑक्सिजन यांच्यामध्ये रासायनिक अभिक्रिया होऊन, नायट्रोजनचे ऑक्साईड तयार होतात. ते नायट्रोजनचे ऑक्साईड अल्कली विलयनात विरघळतात व नायट्रोजनच्या ऑक्सिकरण अभिक्रियेत अजिबात भाग न घेतलेला वायु मागे राहातो. दुसऱ्या पद्धतीत, लाल होईपर्यंत मॅग्नेशियम तापवून त्यावरून हवेतला नायट्रोजन खेळवल्यास, मॅग्नेशियम व नायट्रोजन यामध्ये रासायनिक अभिक्रिया होऊन मॅग्नेशियम नायट्राइड तयार होते व या रासायनिक अभिक्रियेत भाग न घेतलेला वायु मागे राहातो. या दोन्ही पद्धती वापरुन नायट्रोजनच्या ऑक्सिकरण अभिक्रियेत भाग न घेणारा वायु आम्ही मिळविले. या वायुची घनता मोजून पहाता, ती नायट्रोजनच्या घनतेच्या जवळ जवळ दीडपट असल्याचे दिसून आले व अशा प्रकारचा वायु वातावरणात जवळ जवळ एक टक्का असल्याचे आढळले. या वायुचे ऑक्सिकरण होत नाही किंवा त्याची मॅग्नेशियमबरोबर कोणतीही रासायनिक अभिक्रिया होत नाही. हा वायु रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेतो की नाही हे पाहण्यासाठी आम्ही केलेल्या

प्रयोगातून एकच निष्कर्ष निघाला, हा वायु रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेत नाही. रासायनिक अभिक्रियेत भाग न घेणाच्या त्याच्या प्रवृत्तीवरुन, आम्ही त्याचे आर्गन असे नाव ठेवले. ग्रीक भाषेत आर्गन या शद्बाचा अर्थ आळशी, सुस्त किंवा निरुत्साही असा होतो.

३१ जानेवारी १८९५ रोजी, ब्रिटिश असोसिएशनच्या ऑक्सफर्ड येथे भरलेल्या अधिवेशनात लॉर्ड रॅले आणि विल्यम रॅम्से यानी आपला शोध जाहीर केला. यानंतर हवेतील सुस्त किंवा आळशी वायु विषयींचे संशोधन चालू ठेवून हवेत आर्गन खेरीज हेलियम, निऑन, क्रिप्टॉन व क्झेनॉन हे वायु सूक्ष्म प्रमाणात असतात असे रॅम्सने शोधून काढले. या त्याच्या शोधाबद्दल विल्यम रॅम्सेला १९०४ साली, रसायनशास्त्रातील संशोधनाबद्दल देण्यात येणारे नोबेल पारितोषिक मिळाले.

वायुंच्या घनतेविषयी केलेल्या संशोधनातून, लॉर्ड रॅलेचे पुढील संशोधन सुरु झाले व ते रॉयल इन्स्टिटयूशनमध्येच पार पडले. ०.०१ ते १.५ मिलीमीटर दाबाखाली असणारे वायु बॉइलच्या नियमाचे अगदी काटेकोरपणे पालन करतात असे लॉर्ड रॅलेने सिद्ध केले. वायुचे घनफळ, त्यावरील दाबाच्या व्यस्त प्रमाणात बदलते असा बॉइलचा नियम आहे.

संशोधनाचे परिणाम

लॉर्ड रॅलेच्या संशोधनाचा तात्काळ दिसून आलेला परिणाम म्हणजे हेलियम वायुचा शोध होय. १८६८ साली सर नॉर्मन लॉक्सर यानी खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळी मुद्दाम हिंदुस्थानात येऊन, सूर्याच्या वातावरणाचा प्रकाशपट काढला होता. त्या प्रकाशपटात आढळलेल्या काही रेषा, त्यावेळी माहित असलेल्या कोणत्याही मूलतत्वाच्या प्रकाशपटात मिळत नव्हत्या. तेव्हा सूर्याच्या वातावरणात काही तरी अज्ञात मूलतत्त्व आहे व ते पृथ्वीतळावर नाही असा तर्क करून, त्या अज्ञात मूलतत्त्वास लॉक्सरने ग्रीक भाषेतील हेलॉस म्हणजे सूर्य या नावापासून तयार केलेले हेलियम हे नाव दिले. आर्गनची काही खनिजे व संयुगे आहेत की नाही याचा शोध घेत असता, रॅम्सने क्लीव्हाइट हे खनिज सल्फुरिक अम्लामध्ये विरघळल्यावर मिळालेल्या वायूच्या प्रकाशपटाचा अभ्यास केला. तेव्हा त्या प्रकाशपटात आर्गनच्या विशिष्ठ रेषा मिळण्याऐवजी, हेलियमच्या विशिष्ठ रेषा आढळल्या. त्या वायुच्या रासायनिक गुणधर्मांचा अभ्यास केल्यावर व त्याचा

अणुभार नक्की केल्यावर, त्याला आवर्तनसारणीत हायड्रोजनच्या नंतरचे, शून्य गटातले स्थान देण्यात आले.

हेलियम वायु हा मुख्यत्वे करुन, युरेनियमच्या व थोरीयमच्या खनिजात मिळतो हे लक्षात घेऊन, रदरफोर्ड व सॉडी या शास्त्रज्ञद्वयाने, हा वायु किरणोत्सर्गी मूलतत्त्वांच्या विघटनाने मिळत असावा असे मत १९०३ मध्ये प्रगट केले. युरेनियममधून बाहेर पडणाऱ्या अल्फा कणांचा भार, हायड्रोजनच्या अणुभाराच्या चौपट आहे व हेलियमचा अणुभार चार आहे हे समजून आल्यानें, रदरफोर्ड व सॉडीचे मत ग्राह्य समजावे असे ठरले. अल्फा कण व हेलियम-अणु यांचा अगदी जवळचा सबंध आहे हे १९०९ साली रदरफोर्ड व रॉयड्स यानी एका प्रयोगाच्या आधारे सिद्ध केले. रेडीयममधून बाहेर पडलेल्या अल्फा कण निर्वात नलिकेत गोळा करून, नंतर त्यांचा प्रकाशपट काढल्यास, त्या प्रकाशपटात हेलियमच्या विशिष्ठ रेषा मिळतात असे त्यानीं दाखविले. हायड्रोजन अयनावर जितका विद्युतभार असतो त्याच्या दुप्पट विद्युतभार अल्फा कणावर असतो हे या आधीच रदरफोर्डने सिद्ध केले होते. तेव्हा अल्फा कण म्हणजे दोन एकक धनविद्युतभार असलेले हेलियम अणु असे आपोआपच सिद्ध होत होते. अल्फा कणावर दोन एकक धनविद्युतभार कसा येतो हे सांगण्यासाठी रदरफोर्डने मांडलेली कल्पना मान्य झाली. हेलियम अणुमधून दोन ऋणकण काही कारणाने बाहेर गेल्यास, मागे राहिलेल्या अवशिष्ट अणुस दोन एकक धनविद्युतभार येईल व अशा तऱ्हेचा अवशिष्ट हेलियम अणु म्हणजेच अल्फा कण असे मत त्याने व्यक्त केले होते. अणुंची रचना कशी आहे याचा विचार करताना, अणुगर्भात अणुभाराच्या मूल्याइतके धनकण व अणुभार आणि अणुक्रमांक यांच्या मूल्यातील फरकाइतके ऋणकण असतात. अणुगर्भावर अणुक्रमांक संख्येइतका धनविद्युतभार असतो व अणुगर्भाबाहेर असणारे ऋणकण अणुगर्भाभोवती निरनिराळचा कक्षात सतत फिरत असतात अशी अणुरचनेविषयीची उपपत्ती रदरफोर्डने १९११ साली मांडली. या उपपत्तीच्या आधारे विचार करता,दोन ऋणकण हरवून बसलेला हेलियम अणु व रदरफोर्डच्या उपपत्तीतील हेलियमचा अणुगर्भ एकच होत हे लक्षात येते. १९११ साली रदरफोर्डने अणुरचनेविषयी मांडलेल्या उपपत्तीत सुधारणा होत होत, सध्या मान्य असलेली अणुरचनेविषयीची उपपत्ती निघाली आहे.

१९०५

फिलिप लेनार्ड

(१८६२-१९४७)

" कॅथोड किरणाविषयीच्या संशोधनाबद्दल पारितोषिक "

चरित्र

७ जून १८६२ रोजी हंगेरीतील पॉझसॉनी गावी (सध्याचे नाव प्रेसबर्ग) फिलिप लेनार्डचा जन्म झाला. त्याच्याच गावातील व्हर्जिल क्लॅट या शिक्षकाच्या मार्गदर्शनाखाली त्याचे शालेय शिक्षण झाले. पुढे व्हर्जिल क्लॅटने व त्याने मिळून स्फुरदीप्ती (फॉस्फोरेसन्स) विषयी संशोधन केले. बुडापेस्ट व व्हिएन्ना येथील विद्यापीठात त्याने भौतिकीशास्त्राचा अभ्यास केला. पदव्युत्तर अभ्यास त्याने बर्लिन विद्यापीठात हेलमहोल्ट्झच्या मार्गदर्शनाखाली व त्यानंतर हायडेलबर्ग विद्यापीठात क्विन्के व बुन्सेन यांच्या मार्गदर्शनाखाली केला, आणि १८८६ मध्ये हायडेलबर्ग विद्यापीठाची पी.अेच् डी. पदवी संपादन केली. १८९३ मध्ये त्याने हीनरिच हर्टझचा सहाय्यक म्हणून अध्यापन कार्यास सुरवात केली. १८९४ मध्ये त्यास ब्रेस्लॉ विद्यापीठात प्राध्यापक नेमण्यात आले. एक वर्षानंतर तो आकेन विद्यापीठात गेला. १८९६ मध्ये हायडेलबर्ग विद्यापीठाने भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून त्याची नेमणूक केल्याने तो हायडेलबर्गला परतला. तेथे दोन वर्षे काम केल्यानंतर कील विद्यापीठाने त्यास बोलावून घेतले. कील विद्यापीठात त्याने १९०७ पर्यंत काम केले. १९०७ साली प्रो. क्विंके कार्यनिवृत्त झाल्यानंतर, त्यांच्या जागेवर हायडेलबर्ग विद्यापीठाने त्याची नेमणूक केली. त्यामुळे तो हायडेलबर्गला पुन्हा एकदा परतला. हायडेलबर्गला १९०७ साली आल्यापासून, १९३१ मध्ये कार्यनिवृत्त होईपर्यंत त्याने त्याच विद्यापीठात अध्यापन व संशोधन कार्य केले. १९०९ सालो हायडेलबर्ग विद्यापीठाने रेडिऑलॉजिकल इन्स्टिटयूटची स्थापना केली व लेनार्डला त्या इन्स्टिटयूटच्या संचालक पदावर नेमले. २० मे १९४७ रोजी फिलिप लेनॉर्डने इहलोकचा निरोप घेतला.

लंडनच्या रॉयल सोसायटीने त्यास रमफोर्ड पदक व अमेरिकेच्या फ्रँकलिन सोसायटीने फ्रँकलिन पदक बहाल केले होते.

त्याचे पहिले संशोधन खाली पडणाऱ्या जलबिंदुतील कंपने या विषयावर होते. त्यानंतर नीलातीत किरणाविषयीच्या संशोधनाचे त्याला आकर्षण वाटले. घन पदार्थांवर नीलातीत किरणांचा परिणाम या विषयावर त्याने ज्योतिषशास्त्रज्ञ मॅक्स वुल्फ यांच्या सहकार्याने संशोधन करुन, त्या संशोधनाचे निष्कर्ष १८८९ मध्ये प्रसिद्ध केले. नीलातीत किरणांचा वायुवर परिणाम या विषयावर संशोधन करुन, त्याचे निष्कर्ष त्याने १९०० साली प्रसिद्ध केले. खाली पडणाऱ्या पाण्यात होणारी विद्युत निर्मिती, प्रकाशामुळे होणारी विद्युत निर्मिती (फोटो-इलेक्ट्रिक परिणाम) व ज्योतींची विद्युतवहन क्षमता या विषयावरही त्याने संशोधन केले आहे.

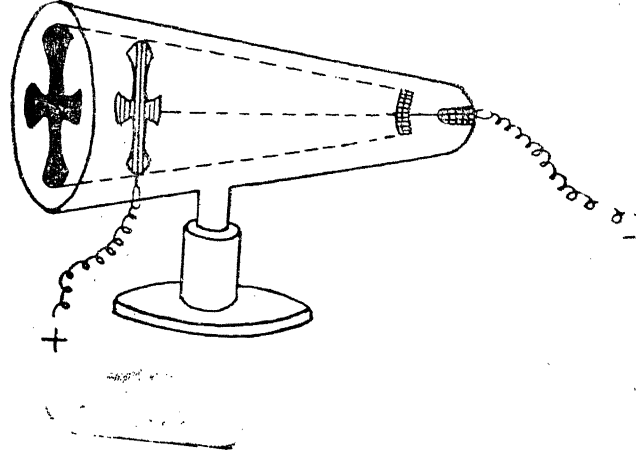
त्यानंतर कॅथोड किरण विषयक संशोधनाव्यतिरिक्त त्याचे दुसरे महत्वाचे संशोधन स्फुरदीप्तीविषयी आहे व ते त्याने आपले एक वेळचे शिक्षक क्लॅट यांच्या सहकार्याने केले आहे कॅल्शियम सल्फाईड व इतर तत्सम स्फुरदीप्तीचा गुणधर्म दाखविणाऱ्या पदार्थातील अतिसूक्ष्म प्रमाणातील ताम्र, बिस्मथ किंवा मँगनीजच्या अशुद्धतेवर त्या पदार्थांची स्फुरदीप्ती अवलंबून असते स्फुरदीप्तीचा गुणधर्म असणाऱ्या पदार्थांतील ताम्र, बिस्मथ किंवा मँगनीजची अशुद्धता काही ठराविक प्रमाणात असल्यास स्फुरदीप्तीची (अंधारात मिळणाऱ्या प्रकाशाची) तीव्रता जास्तीत जास्त असते. ही अशुद्धता त्या ठराविक प्रमाणाहून जास्ती किंवा कमी झाल्यास, स्फुरदीप्तीची तीव्रता कमी होते असे लेनार्ड व क्लॅट यानी सिद्ध केले. याशिवाय कॅल्शियम सल्फाईड, स्ट्रॉन्शियम सल्फाईड व बेरियम सल्फाईड या मृद् धातुंच्या सल्फाईडवरील दाब वाढवित गेल्यास, त्यांचा स्फुरदीप्ती गुणधर्म कमी होत होत नष्ट होतो असेही या संशोधक द्वयाने दाखविले. हे सर्व संशोधन लेनार्डने १९०४ साली प्रसिद्ध केले आहे. काही विशिष्ट पदार्थ स्फुरदीप्तीचा गुणधर्म कसा व का दाखवितात. याविषयी त्याने १९०५ मध्ये एक उपपत्ती मांडली. लेनार्डने मांडलेली ही उपपत्ती मान्य झाली असून, स्फुरदीप्ती-विषयी दुसरी वेगळी उपपत्ती मांडण्यात आलेली नाही. लेनार्डच्या उपपत्तीप्रमाणे स्फुरदीप्तीमान पदार्थावर प्रकाश पडल्यावर त्या पदार्थात सूक्ष्म अशुद्धतेच्या रूपात असणाऱ्या अणुतून ऋणकण बाहेर पडू लागतात. नंतर तो पदार्थ अंधारात ठेवल्यावर, बाहेर पडलेले ऋणकण त्या पदार्थाकडे परतू लागतात व त्यामुळे तो

पदार्थ प्रकाशमान होतो. पदार्थातून ऋणकण कां व कसे बाहेर पडतात व कां व कसे परततात या क्रिया मात्र अद्यापिही नीट समजून आल्या नाहीत.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

१८७९ साली इंग्लडमधील प्रख्यात संशोधक सर विल्यम क्रूक्स यानी "पदार्थांची चवथी अवस्था" या नावाखाली एक संशोधन निबंध प्रसिद्ध केला. त्या संशोधन निबंधाचे जर्मन भाषांतर १८८० साली लाइप्झिगमध्ये प्रसिद्ध झाले. कॅथोड किरणाविषयीच्या निबंधाचे जर्मन भाषांतर वाचून, लेनार्डच्या मनात कॅथोड किरणाविषयी खूपच औत्सुक्य निर्माण झाले व त्याने कॅथोड किरणाविषयी संशोधन करायला सुरवात केली. या आधी दहा वर्षे म्हणजे १८६९ च्या सुमारास, विसर्जन नलिकेतील दाब एक मिलीमीटरहून कमी ठेवून मग तीमधून विद्युतवहन केल्यास, कॅथोडपासून (ऋणविद्युत अग्रापासून) फिकट निळा प्रकाश निघत असल्याचे हिटार्फ या संशोधकाने नमूद केले होते या निळ्या प्रकाशात एखादी वस्तु ठेवल्यास, त्या वस्तुची छाया, विसर्जन नलिकेच्या ज्या भागावर तो निळा प्रकाश पडतो, त्या भागावर दिसू लागते असेही हिटॉर्फला आढळले होते. ऋणविद्युत-अग्रापासून निघणारा प्रकाश हा नेहमीच्या ईथरमधील लहरीसारखा आहे असे समजून गोल्डस्टीनने त्या प्रकाशास कॅथोडेन-स्ट्रालेन म्हणजे कॅथोड-किरण असे नाव दिले. कॅथोडपासून निघणाऱ्या या कॅथोड किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम घडवून आणल्यास, चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेप्रमाणे कॅथोड किरण जाण्याच्या दिशेत बदल होऊन, ते सरळ न जाता वळतात. कॅथोड किरण ऋणविद्युतभार धारण करणारे वेगवान कण आहेत असे धरल्यास, कॅथोड किरण चुंबकीय क्षेत्रामुळे एका विशिष्ट दिशेला का वळतात याचे स्पष्टीकरण मिळते असे मत क्रूक्सने प्रदर्शित केले होते. त्यामुळे कॅथोडपासून किंवा ऋणविद्युत-अग्रा-पासून निघालेले हे वेगवान कण, धन द्रव व वायु या स्थितीतील कोणत्याही स्थितीत नसून, ते एका नव्या चौथ्या अवस्थेत असणाऱ्या वस्तुमात्रात मोडतात अशी क्रूक्सने आपली समजूत करुन घेतली होती. १८९० मध्ये सर ऑर्थर शुस्टर या शास्त्रज्ञाने कॅथोड किरण हे विद्युतभारवाही कण आहेत असे धरुन, कणावरील विद्युतभार व कणाचा भार यांचे परस्पर प्रमाण मोजले होते. विद्युत विभाजनात मिळणाऱ्या हायड्रोजन अयनाचा विद्युतभार व त्या अयनाचा भार यांच्या परस्पर प्रमाणाच्या जवळ जवळ पाचशे पट, कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार व कणाचा भार यांचे परस्पर प्रमाण असते असे शुस्टरला आढळले होते. कॅथोड

किरण अत्यंत पातळसोन्याच्या किंवा ॲल्युमिनियमच्या पत्र्यातून आरपार पलीकडे जाऊ शकतात असे १८९२ साली हीनरिच हर्टझने सिद्ध केले. हर्टझचा शोध समजून आल्याने, लेनार्डने चार वर्षापूर्वीच सुरू केलेल्या कॅथोड किरण विषयक संशोधनास वेगळेच वळण मिळाले. हा प्रकार कसा घडला ते त्याने नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर दिलेल्या व्याख्यानात सांगितले आहे. त्या विषयाशी संबंधित तेवढा भाग या ठिकाणी उद्धृत केला आहे. मूळ व्याख्यान जर्मन भाषेत आहे.

" सव्वीस वर्षापूर्वी माझ्या संशोधनास सुरवात झाली. क्रूक्स कॅथोड किरणाना 'प्रकाशमय वस्तुमात्र' म्हणत असे. क्रूक्सने या प्रकाशमय वस्तुमात्राबद्दल दिलेले एक व्याख्यान माझ्या वाचनात आले आणि त्या व्याख्यानाने मी चांगलाच प्रभावित झालो. क्रूक्सने केलेले प्रयोग तुम्हा सर्वांना माहीत आहेतच त्यातील महत्वाच्या मुद्द्यांची मी आपल्याला आठवण करून देणार आहे. आतील सर्व वायु जवळ जवळ काढून टाकल्याने, आता जवळ जवळ निर्वातमय असलेली काचेची विसर्जन नलिका, जेथून कॅथोड किरण निघतात ती ऋण विद्युत-भारवाही धातुची पट्टी, ऋणविद्युत अग्र किंवा कॅथोड, कॅथोड जाण्याच्या मार्गात ठेवलेला क्रॉस आणि विसर्जन नलिकेच्या अंतर्भागावर जेथे कॅथोड किरण आदळतात तो स्फुरदीप्तीमय झालेला भाग आणि त्या भागा-वरील क्रॉसची छाया या गोष्टी आपल्या परिचयाच्या आहेत.

आकृती – १
क्रूक्सचा प्रयोग. कॅथोड किरणामुळे मिळालेली क्रॉसची छाया.

विसर्जन नलिकेजवळ चुंबक आणल्यास, क्रॉसच्या छायेत बदल होतो व त्यामुळे कॅथोड किरण जाण्याच्या दिशेवर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊन तीत फरक होतो असे अनुमान निघते. प्रकाशकिरण जाण्याच्या दिशेत चुंबकीय क्षेत्राचा काहीही परिणाम होत नाही हे आपल्याला माहित आहे. आठवणीसाठी क्रूक्सच्या प्रयोगाची आकृती पान नं. ४६ वर दिली आहे.

क्रूक्सच्या प्रयोगाने, माझे कॅथोड किरण विषयक कुतुहल जागृत झाले. पण त्या किरणाविषयी काही प्रयोग करण्याची मला संधी मिळाली नाही.

त्यानंतर प्रो. क्विन्के यांचा सहाय्यक झाल्यानंतर, उत्तम प्रकारचा निर्वात देऊ शकेल असा पंप तयार करण्याची मला संधी व आर्थिक सहाय्य मिळाले. त्यानंतर मला कॅथोड किरणाविषयी काही प्रयोग करुन पाहाणे शक्य झाले. कॅथोड किरण विसर्जन नलिकेतून बाहेरच्या हवेत आणता आले तर त्यांच्याविषयी आणखी काही व जास्त समाधानकारक प्रयोग करुन पाहाता येतील असे माझ्या मनात आले व त्या दृष्टीने मी प्रयत्न सुरू केले. विसर्जन नलिकेतून कॅथोड किरण बाहेरच्या हवेत आणायचे असल्यास, जीतून कॅथोड किरण बाहेर येऊ शकतील पण जीतून बाहेरची हवा विसर्जन नलिकेत जाणार नाही अशा प्रकारची छोटीशी खिडकी, विसर्जन नलिकेस बसविणे आले. जीतून हवा सुद्धा आत जाऊ शकणार नाही अशी हवाबंद खिडकी विसर्जन नलिकेला बसविल्यास व कॅथोड किरण प्रकाशमय वस्तुमात्र असल्यास, ते किरण तीतून बाहेर पडणार नाहीत हे उघड होते. पण ईलहार्ड वीडेमानच्या म्हणण्याप्रमाणे, कॅथोड किरण नीलातीत किरणासारखी कंपने असल्यास, ते किरण हवाबंद खिडकी विसर्जन नलिकेस बसविल्यानंतरही, त्या खिडकीतून बाहेर येणे शक्य होते. सरतेशेवटी क्वार्टझमधून किंवा गारगोटीमधून कोणत्याही प्रकारचे प्रकाशकिरण आरपार जाऊ शकत असल्याने, गारगोटीचा लहानसा तुकडा विसर्जन नलिकेच्या खिडकीच्या जागी बसवून, कॅथोड किरण निर्मितीचा प्रयोग करावा असे मी ठरवले. विसर्जन नलिकेत कॅथोड किरण आदळण्याच्या जागी मी २.४ मिलीमीटर जाडीची क्वार्टझची खिडकी बसविली व कॅथोड किरण निर्मिती केली. पण त्या क्वार्टझच्या खिडकीतून कॅथोड किरण बाहेर येण्याची काही चिन्हे दिसेनात. क्वार्टझ खिडकीबाहेर स्फुरदीप्ती आढळली नाही किंवा विद्युतभारवाही असे काहीही आढळले नाही त्याचा अर्थ कॅथोड किरण प्रकाशलहरी नसून, ऋणविद्युतभारवाही कण होत असे आपोआपच सिद्ध झाले.

त्यानंतर कॅथोड किरण विसर्जन नलिकेबाहेर आणण्याचा प्रयत्न मी चार एक वर्षे तरी केला नाही १८९२ मध्ये अशा प्रकारचा प्रयत्न करण्याची शक्यता मला प्राप्त झाली. मी त्यावेळी प्रो. हर्टझ यांचा सहायक म्हणून काम करीत होतो. सोन्याच्या, रुप्याच्या किंवा ॲल्युमिनियमच्या सुवर्णवर्खाइतक्या जाडीच्या अत्यंत पातळ पत्र्यातून कॅथोड किरण आरपार जाऊ शकतात असे प्रो. हर्टझना प्रयोगांती समजून आले. एक दिवस हे सिद्ध करणारा प्रयोग त्यानी मला दाखविला. युरॅनियम काचेचा तुकडा, अल्युमिनियमच्या वर्खाने पूर्ण झाकून, तो तुकडा त्यानी विसर्जन नलिकेत, कॅथोड किरण आदळतात त्या जागी ठेवला. कॅथोड किरणांची निर्मिती झाल्यानंतर, ते किरण ॲल्युमिनियमच्या वर्खातून आरपार येऊन, युरॅनियम काचेच्या तुकड्यावर आदळले व तो तुकडा स्फुरदीप्तीमान झाला.

नंतर मी तोच प्रयोग पुन्हा करून पाहिला. कॅथोड किरण थांबवणे हे माझे उद्दिष्ट नव्हते, तर ते कॅथोड किरण विसर्जन नलिकेबाहेर हवेत मिळविणे हे माझे उद्दिष्ट होते. धातुच्या वर्खाचे तुकडे एकावर एक ठेवून, वर्खांच्या किती तुकड्यानी कॅथोड किरण पूर्णपणे अडवले जातात हे मी प्रथमतः पाहिले धातुच्या वर्खाचे दहा ते पंधरा तुकडे एकावर एक ठेवून धातुच्या पत्र्याची जाडी वाढवली तरी कॅथोड किरण त्यातून आरपार जाऊ शकतात असे मला आढळले. त्यानंतर त्या१०-१५ तुकड्यांच्या एकंदर जाडीइतक्या जाडींचा धातुचा पत्रा घेऊन त्यामधून कॅथोड किरण आरपार जाऊ शकतात ते मी नक्की केले. यानंतर त्या जाडीचा पत्रा निर्वातास तोंड देऊ शकतो की नाही ते मी पाहिले. धातुच्या पत्र्याचे क्षेत्रफळ अगदी थोडे असल्यास, धातुचा पातळ पत्रासुद्धा निर्वातास तोंड देऊ शकतो असे मला आढळले. मग मी विसर्जन नलिकेत कॅथोड किरण आदळण्याच्या जागी एक लहानसे भोक पाडून, ते भोक ॲल्युमिनियमच्या पातळ पत्र्याने बंद केले व त्या पत्र्याच्या बाहेरच्या बाजूस स्फुरदीप्तीमान होऊ शकतील असा मृद् धातु क्षारांचा लेप दिला. विसर्जन नलिकेत कॅथोड किरणांची निर्मिती केल्यावर, ते अल्युमिनियम धातुच्या पत्र्यातून बाहेर आले व त्यांच्यामुळे मृद् धातु क्षारांचा थर स्फुरदीप्तीमान झाला. सुरेखशी स्फुरदीप्ती त्या क्षारामध्ये दिसत होती ! मृद् धातु क्षारांच्या लेपाची जागा विसर्जन नलिकेपासून कमी जास्त अतरावर ठेवून, मी पुन्हा पुन्हा प्रयोग करुन पाहिला. कॅथोड किरण विसर्जन नलिकेबाहेर मिळवता येतात, इतकेच नाही तर ते हवेत काही अंतरापर्यंत जाऊ शकतात असे माझ्या प्रयोगाने सिद्ध झाले.

– – – – –

कॅथोड किरण बाहेर हवेत आणता येतील अशा तऱ्हेची वेगळी विसर्जन नलिका वापरुन, हवेत आणलेल्या कॅथोड किरणांचा लेनार्डने अगदी तपशीलवार अभ्यास केला. हवेत आलेल्या कॅथोड किरणांच्या मार्गात स्फुरदीप्तीमान होऊ शकेल असा पडदा ठेवला व कॅथोड किरण त्या पडद्यावर पडल्यावर त्यातून होणाऱ्या स्फुरदीप्तीची तीव्रता तो पडदा विसर्जन नलिकेतील लहानशा गवाक्षा-पासून निरनिराळ्या अंतरावर ठेवून मोजली. स्फुरदीप्तीमान होऊ शकणारा पडदा, विसर्जन नलिकेतील ॲल्युमिनियम गवाक्षापासून आठ सेन्टीमीटर अंतरावर असल्यास, पडदा मुळीसुद्धा स्फुरदीप्तीमान होत नाही असे आढळून आले– म्हणजे कॅथोड किरण हवेत आठ सेन्टीमीटरहून जास्त अंतर जाऊ शकत नाही असे त्याने सिद्ध केले.नंतर त्याने निरनिराळ्या पदार्थांची कॅथोड किरण विषयीची पारदर्शकता मोजली. कॅथोड किरण शोषण्याची शक्ति पदार्थप्रमाणे भिन्न असतेच असे नाही तर ती पदार्थाच्या घनतेवर अवलंबून असते. पदार्थ जितका जास्त घन तितकी त्याची कॅथोड किरण शोषण करण्याची शक्ति जास्त असे त्यास आढळले.सारख्याच जाडीचे धातुचे पत्रे कॅथोड किरण शोषण करण्यासाठी वापरले,तर ॲल्युमिनियमच्या पत्र्यापेक्षा चांदीच्या पत्र्याची शोषण शक्ति जास्त व चांदीच्या पत्र्यापेक्षा सोन्याच्या पत्र्याची शोषण शक्ति जास्त असे आढळते. अेकाच घनतेचे निरनिराळे पदार्थ कॅथोड किरणांचे शोषण करण्यासाठी वापरले, तर निरनिराळ्या पदार्थांचे सारख्याच जाडीचे पत्रे, कॅथोड किरणांचे शोषण अेकच प्रमाणात करतात, असेही त्याला आढळले. यानंतर १९०३ साली केलेल्या संशोधनात त्याला असे आढळले की कॅथोड किरणांची गती जशी वाढत जाते तशी ते किरण शोषले जाण्याची शक्यता कमी होत जाते.

१८८७ मध्ये हर्टझने केलेल्या संशोधनाचा आधार घेऊन, १८८८ मध्ये विल्हेलम हॉलवॉक्स याने विद्युत कमान वापरुन मिळणाऱ्या प्रकाशाचा विद्युतभार-वाही पदार्थावर काय परिणाम होतो याविषयी संशोधन केले. विद्युतकमानीपासून येणाऱ्या प्रकाशामुळे ऋणविद्युतभारवाही जस्ताच्या पट्टीवरचा विद्युतभार कमी होतो. पण तीच पट्टी धनविद्युतभारवाही असल्यास, विद्युतकमानीपासून येणाऱ्या प्रकाशाचा पट्टीवरील विद्युतभारावर काहीही परिणाम होत नाही असे त्यास आढळले. हे असे का होते याचे कारण त्याला सांगता येईना. नीलातीत प्रकाशाचा हा काही तरी परिणाम आहे असा त्याने अंदाज केला. प्रकाशाचा हा परिणाम फोटो-इलेक्ट्रीक परिणाम म्हणतात. या फोटो-इलेक्ट्रीक परिणामा-विषयी संशोधन करावे असे लेनार्डने ठरवले व १८८९ मध्ये वुल्फ या शास्त्रज्ञाच्या

सहकार्यांने त्याने हायडेलबर्ग येथे याच विषयावर संशोधन केले. कॅथोड किरणाविषयी संशोधन करीत असता, विसर्जन नलिकेला बसविलेल्या ॲल्युमिनियम गवाक्षाजवळची हवा विद्युतवहनक्षम होते असे त्याला आढळले होते. त्यामुळे नीलातीत किरण धातुच्या पट्टीवर पडल्यास, तेथे कॅथोड किरणांची निर्मिती होत असावी असा त्याने अंदाज केला. आपला अंदाज खरा आहे की नाही हे पाहाण्यासाठी त्याने एक जरा वेगळ्या प्रकारचा प्रयोग करून पाहिला. निर्वात नलिकेत नीलातीत किरण येतील याची त्याने प्रथमत: व्यवस्था केली. हे नीलातीत किरण निर्वात नलिकेत ४५° अंशाचा कोन करुन ठेवलेल्या धातुच्या पट्टीवर पडत होते. धातुच्या पट्टीवर पडणारे किरण परावर्तन होऊन जाण्याच्या मार्गात, त्याने दुसरी एक लहानशी धातुची पट्टी ठेवली व ती पट्टी इलेक्ट्रोमीटरला (विद्युत-मापीला) जोडली. निर्वात नलिकेतील कलत्या धातुपट्टीवर नीलातीत किरण पडल्याबरोबर, बाहेरची धातुपट्टी (परावर्तित किरणांच्या मार्गातली) ऋणविद्युतभारवाही झाल्याचे त्यास दिसून आले. बाहेरच्या धातुपट्टीशी काटकोन करील अशी आणखी एक धातुपट्टी ठेवली व निर्वात नलिकेतून बाहेर पडणाऱ्या किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम घडवून आणला तर या दुसऱ्या धातुपट्टीवर ऋणविद्युतभार आल्याचे दिसून आले.निर्वात नलिकेतून बाहेर पडणाऱ्या किरणावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम व कॅथोड किरणावरील चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम यात पूर्ण साम्य होते. निर्वात नलिकेतून परावर्तित होऊन बाहेर पडणाऱ्या प्रकाशातील कणावरील विद्युतभार व त्या कणांचा भार यांचे परस्परप्रमाणही लेनार्डने मोजले. तेव्हा ते परस्परप्रमाण आणि कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार व त्या कणांचा भार यांचे परस्परप्रमाण एकच असल्याचे त्यास आढळले. तेव्हा नीलातीत किरण धातुपट्टीवर पडल्यावर, तीमधून कॅथोड किरण बाहेर पडतात हा आपला अंदाज खरा आहे याबद्दल त्याची खात्री झाली. निर्वात नलिकेबाहेर ठेवलेली धातुपट्टी ऋणविद्युतभारवाही केल्यास, निर्वात नलिकेतून बाहेर पडणारे किरण मागे लोटले जातात. बाहेरच्या धातुपट्टीवरील ऋणविद्युतभार वाढवित गेल्यास, निर्वात नलिकेतील कलत्या धातुपट्टीपर्यंत किरण जाऊन तेथून ते, नीलातीत किरण जेथून निघाले तेथपर्यंत जाऊन पोचतात असे त्यास आढळले. निर्वात नलिकेबाहेरील धातुपट्टी धनविद्युतभारवाही केल्यास, निर्वात नलिकेतील कलत्या धातुपट्टीपासून निघणाऱ्या किरणांचा वेग वाढतो असेही त्यास आढळले. अशा रीतीने त्या किरणांच्या वेगाचे नियंत्रण कसे करावे, ते लेनार्डने ठरविले. फोटो इलेक्ट्रीक परिणाम का घडून येतो याचे स्पष्टीकरणही लेनार्डने दिले आहे.त्याच्या मते, नीलातीत किरण धातुवर पडल्यावर, त्या धातुच्या

अणुमध्ये असलेल्या क्वांटची कंपने वाढू लागतात व कंपने अधिक तीव्र स्वरुपाची झाल्यास, अणुमधून क्वांट बाहेर पडू लागतात. बाहेर वेगाने येणाऱ्या क्वांटचे समजून येणारे स्वरुप म्हणजे कॅथोड किरण होत. (ऋणकण किंवा इलेक्ट्रॉन या अर्थी लेनार्डने क्वांट हा शद्ब योजला आहे. क्वांटम् उपपत्तीमध्ये ऊर्जेचे एकक या अर्थी अेकवचनी क्वांटम् व अनेकवचनी क्वांटा हे शद्ब व लेनार्डचा क्वांट हा अगदी संपूर्णपणे भिन्न अर्थाचे शद्ब आहेत.)

वस्तुमात्राच्या अत्यंत सूक्ष्म कणावर विद्युतभार असतो या विधानाला मान्यता देणारी विद्युतस्वरुपाविषयीची उपपत्ती लेनार्डला मान्य नव्हती. कॅथोड किरण म्हणजे ऋणविद्युतभारवाही वेगवान कणांचा स्रोत असे तो मानीत नव्हता. वस्तुमात्रातून सरळ मिळणारी ऋणविद्युत म्हणजे कॅथोड किरण असा त्याचा समज होता. वस्तुमात्राच्या जोडीने किंवा त्याच्या सहवासात धनविद्युत मिळत असल्याने, वस्तुमात्राच्या ज्या कणामधून ऋणविद्युत काढून घेतली आहे, ते कण म्हणजे धनविद्युत असे तो मानत असे. त्याउलट विद्युत अखंड किंवा नित्य स्वरुपी नसून वियुक्त स्वरुपी आहे त्याचे मत होते.१८८५मध्ये हेल्महोल्ट्झने विद्युतस्वरूपाविषयी आपले मत मांडले होते. विद्युत वियुक्त स्वरुपी असून, अेलेमेन्टॉर क्वांटेन (प्राथमिक कण) एकत्र येऊन विद्युत तयार होते असे हेल्महोल्ट्झचे मत होते लेनार्डच्या मते हेल्महोल्ट्झचे अेलेमेन्टॉर क्वांटेन विद्युतशक्तीची फक्त केंद्रे होत. मग त्या केंद्रांना काहीही नाव दिले तरी चालेल. जे. जे. थॉमसनने ऋणविद्युतभारवाही कणांना कॉर्प्युस्कल असे नाव दिले. त्याच कणांना केल्व्हिन इलेक्ट्रायन म्हणतो.तर लॉरेन्ट्झ व झीमान यानी त्या कणांचे इलेक्ट्रॉन हे नाव रूढ केले. त्याच कणांना लेनार्डने क्वांटेन हे नाव दिले. अशा रीतीने, अेलेमेन्टॉर क्वांटेन (प्राथमिक कण), कॉर्प्युस्कल, इलेक्ट्रायन, क्वांटेन आणि इलेक्ट्रॉन ही एकाच कणाची विविध नावे होत. या विविध नावापैकी इलेक्ट्रॉन हे अेकच नाव सध्या वापरण्यात येते.

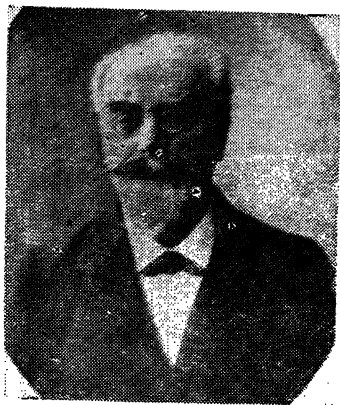
कॅथोड किरणाविषयीच्या प्रयोगावरून व ते किरण अतिशय सुलभतेने जाऊ शकतात यावरुन, लेनार्ड अशा निष्कर्षाला आला की अणु म्हणजे बहुतेक सर्व मोकळी जागा असली पाहिजे.अेक घन मीटर प्लॅटिनम धातु घेतल्यास, ज्यातून कॅथोड किरण जाऊ शकणार नाहीत असा भाग-त्यात फक्त एक घन मिलीमीटर अेवढाच असेल. अेक अणु घेतल्यास, त्यामध्ये अेक विद्युत क्वांट म्हणजे अणुतील ऋणविद्युतशक्तीचे अेक केन्द्र असले पाहिजे अणुतील विद्युतशक्तीच्या क्षेत्राने अणुचा व्यास ठरत असतो. अणुचा एकत्रित विचार केल्यास,अणुवर कोणताही व कसलाही

विद्युतभार असत नाही. वस्तुमात्राव्यतिरिक्त धनविद्युत असूच शकत नाही असे लेनार्डचे मत असल्याने अणुमध्ये क्वांटवरील ऋणविद्युतभाराइतकाच धनविद्युतभार असलेले काही तरी असले पाहिजे असे त्याला वाटत होते. अणुमधील ऋणविद्युत-भारवाही क्वांट व धनविद्युतभारवाही वस्तुमात्र या जोडीला त्याने डायनामिड असे नाव दिले. अणुरचनेविषयींची लेनार्डची मते या ठिकाणी मुद्दाम दिली आहेत. सत्तर वर्षापूर्वी अणुरचनेविषयी शास्त्रज्ञांचे कयास कोणत्या प्रकारचे होते हे त्यावरुन कळू येईल.

संशोधनाचा परिणाम

अणुच्या रचनेविषयी लेनार्डने मांडलेले विचार, त्यांच्या मूळ स्वरुपात जसेच्या तसे मान्य झालेले नाहीत. त्यात सुधारणा होत जाऊन, ते विचार जास्त काटेकोर झाले. अणुला काहीतरी अंतर्गत रचना असली पाहिजे, अणुमध्ये खूपच मोकळी जागा असली पाहिजे असे मत लेनार्डने प्रथमतःच मांडले. फोटो-इलेक्ट्रिक परिणाम कसा घडून येतो या विषयीचे त्याने दिलेले स्पष्टीकरण मान्य झालेले आहे. लेनार्डच्या स्पष्टीकरणानंतर, जे. जे. थॉमसनने फोटो-इलेक्ट्रिक परिणामा-विषयी स्पष्टीकरण दिले आहे व ते लेनार्डच्या स्पष्टीकरणाशी बरेच मिळते जुळते आहे.

जोसेफ जॉन थॉमसन

अल्बर्ट अब्राहम मायकेलसन

गॅब्रियल लिपमन

गुग्लिल्मो मार्कोनी

१९०६

जोसेफ जॉन थॉमसन

(१८५६–१९४०)

" वायुमधून विद्युतवहनाविषयीच्या तात्त्विक व प्रायोगिक संशोधनाबद्दल पारितोषिक "

चरित्र

इंग्लंडच्या मॅंचेस्टर शहराजवळील चेथॅम हॉल येथे, १८ डिसेंबर १८५६ रोजी जोसेफ जॉन थॉमसनचा जन्म झाला. मॅंचेस्टरमधील ओवेन्स कॉलेजमध्ये शिकत असता, त्या संस्थेतील भौतिकीशास्त्राचे प्राध्यापक बाल्फोर स्टघुअर्ट यांच्या व्यक्तिमत्वाने आकर्षित होऊन, त्याने अभियांत्रिकी शाखेचा अभ्यासक्रम सोडून भौतिकीशास्त्राचा अभ्यास सुरू केला. १८६६ मध्ये त्याने केम्ब्रिजच्या ट्रिनिटी कॉलेजमध्ये प्रवेश मिळविला. यानंतर अधून मधून अमेरिकन विद्यापीठाना भेट देण्यात गेलेला काळ सोडून, त्याने सारे उर्वरित आयुष्य केम्ब्रिजमध्येच घालविले. केम्ब्रिज विद्यापीठात शिकत असता, वीस वर्षापूर्वी लॉर्ड रॅलेने जसा डॉ. राउथ यांच्या मार्गदर्शनाखाली गणितशास्त्राचा अभ्यास केला, तसाच थॉमसननेही डॉ. राउथ यांच्या मार्गदर्शनाचा लाभ घेतला. १८८० मध्ये पदवीधर होताना, मॅथेमॅटिकल ट्रायपॉसच्या (गणितशास्त्रातील अंतिम परिक्षेच्या) परिक्षेत तो दुसरा रॅंग्लर म्हणून उत्तीर्ण झाला. त्याच वर्षी त्याची ट्रिनिटी कॉलेजमध्ये फेलो म्हणून निवड झाली. १८८४ मध्ये लॉर्ड रॅलेने कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळेच्या संचालक–पदाचा राजीनामा दिल्यानंतर, वयाच्या फक्त सत्ताविसाव्या वर्षी त्याची त्या प्रयोगशाळेच्या संचालकपदी नेमणूक झाली. त्याच्या अत्युत्तम संचालकत्वाखाली कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळा शास्त्रीय जगतात मोठ्या नावलौकिकास चढली व जगातल्या निरनिराळ्या देशातून उत्साही, तरूण शास्त्रज्ञ त्याच्या मार्गदर्शनाचा लाभ घेण्यासाठी कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळेत आले. संचालकाचे काम संभाळून, त्याने १९०५ ते १९१८ या काळात, लंडनच्या रॉयल इन्स्टिटयूटमध्ये विज्ञानशाखेचा

प्राध्यापक म्हणून काम पाहिले. १९१८ मध्ये केम्ब्रिजच्या ट्रिनिटी कॉलेजच्या प्रमुखपदावर नेमण्यात आले तेव्हा कॅव्हेन्डिश प्रयोगशाळेच्या संचालकपदाचा राजीनामा देऊन, त्याने ट्रिनिटी कॉलेजचे काम पाहायला सुरवात केली.

पहिल्या महायुद्धामध्ये (१९१४–१९१९) ग्रेट ब्रिटनचे युद्धप्रयत्न अगदी कसोशीने व उत्तम प्रकारे व्हावेत यासाठी नेमलेल्या निरनिराळ्या सरकारी समित्यांचा वैज्ञानिक सल्लागार म्हणून त्याने काम केले. या काळात तो इंग्लंडच्या बोर्ड ऑफ इन्व्हेन्शन्स अँड रिसर्च (शोध व संशोधन समिती) चा अेक सभासद होता. १८८४ मध्ये, लंडनच्या रॉयल सोसायटीने त्यास फेलो म्हणून निवडल्याने अेफ्. आर्. अेस्. ही पदवी त्यास तेव्हापासून लागली. १९१६ मध्ये त्यास रॉयल सोसायटीचा अध्यक्ष निवडण्यात आले. ३० ऑगस्ट १९४० रोजी तो मृत्यू पावला. इंग्लंडचा अेक नामवंत शास्त्रज्ञ म्हणून त्याचे लंडनच्या वेस्ट मिनिस्टर अॅबेमध्ये दफन झाले.

जे. जे. थॉमसनला १९०८ मध्ये सर ही पदवी व १९११ मध्ये ऑर्डर ऑफ मेरिट हा बहुमान मिळाला. ग्रेट ब्रिटन, अमेरिका व निरनिराळे युरोपीय देश यातील विज्ञान संस्थानी व विद्यापीठानी त्याचा वेगवेगळ्या प्रसंगी विविध प्रकारे बहुमान केला. लंडनच्या रॉयल सोसायटीकडून त्यास रॉयल पदक, ह्यूजेस पदक कोपले पदक अशी तीन पदके मिळाली. लंडनच्या रॉयल सोसायटी ऑफ आर्टस या संस्थेने आल्बर्ट पदक बहाल केले. वॉशिंग्टनमधील स्मिथसोनियन इन्स्टिटयूशनने हॉजकिन्स पदक व फ्रँकलिन इन्स्टिटयूटने फ्रँकलिन पदक त्यास बहाल केले. याशिवाय तो इन्स्टिटयूट ऑफ फ्रान्स या संस्थेचाही एक मान्यवर सभासद होता.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

ट्रिनिटी कॉलेजची फेलोशिप मिळाल्यानंतर थॉमसनने गणिती व प्रायोगिक भौतिकीशास्त्रात, लॉर्ड रॅलेच्या मार्गदर्शनाखाली संशोधन करायला सुरवात केली. इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक (विद्युत-चुंबकीय) अेकक व इलेक्ट्रोस्टॅटिक (स्थितीक विद्युत) अेकक यांचे परस्परप्रमाण ठरवून, त्याने त्या विषयीचा संशोधन निबंध १८८३ मध्ये प्रसिद्ध केला. याच वर्षी 'वायुतून विद्युतवहन' या विषयावर त्याचा पहिला संशोधन निबंध प्रसिद्ध झाला. 'वायुतून विद्युतवहन' या विषयाचा पिच्छा पुरवून त्याने त्या विषयावर खूप संशोधन केले व बरेचसे संशोधन निबंध प्रसिद्ध केले. १८८३ ते १८९३ या दहा वर्षात त्याने भौतिकीशास्त्राच्या निरनिराळ्या

शाखातील बरेचसे अशोधित प्रश्न संशोधनासाठी घेतले. तरी देखील त्याचे संशोधन मुख्यत्वे करुन 'वायुतून विद्युतवहन' या विषयावरच जास्त केन्द्रित झाले होते. १८९४ मध्ये कॅथोड किरणांचा वेग या विषयावर संशोधन निबंध प्रसिद्ध केला. १८९५ मध्ये रॉन्टजेनने क्ष किरणांचा शोध लावल्यानंतर थोडयाच दिवसात, थॉमसनला असे आढळून आले की क्ष किरणामुळे वायुमध्ये विद्युतवहन-शक्ति येते. वायुमध्ये दोन इलेक्ट्रोड ठेवून, ते इलेक्ट्रोड (विद्युत-अग्रे) वेगवेगळचा पोटेन्शियलला किंवा विभवाला ठेवले आणि मग त्या वायुमधून क्ष किरण जाऊ दिले तर त्या अिलेक्ट्रोडमध्ये विद्युतप्रवाह सुरू होतो व हा विद्युतप्रवाह इलेक्ट्रोडच्या पोटेन्शियलमधील फरक फार कमी असला तरी चालू राहातो. याविषयी रदरफोर्डच्या सहाय्याने संशोधन करुन त्याने असे दाखविले की क्ष किरण वायुमधून गेल्याने, वायुच्या रेणुंचे धनआयनामध्ये व ऋणआयनामध्ये विघटन होते व ते आयन त्यावरील विद्युतभाराच्या विरुद्ध विद्युतभार असणाऱ्या इलेक्ट्रोडकडे जाऊ लागतात आणि त्यामुळे वायुमधून विद्युतप्रवाह जाऊ लागतो. इलेक्ट्रोडच्या विभवातील फरक किंवा इलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स कमी असल्यास,वायुच्या रेणुपासून निर्माण झालेले आयन कमी वेगाने इलेक्ट्रोडकडे धाव घेतात. पुष्कळदा विरूद्ध विद्युतभार असणारे आयन अेकत्र येऊन परस्परांचा विद्युतभार नष्ट करतात. त्यामुळे वायुचे मूळ रेणु निर्माण होतात व विद्युतप्रवाह फार थोडचा प्रमाणात चालू राहातो. इलेक्ट्रोडच्या विभवातील फरक किंवा इलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स वाढल्यास, आयनांचा वेग वाढतो आणि त्यामुळे विरुद्ध विद्युतभाराचे आयन अेकत्र येऊन मूळ रेणु निर्माण होण्याचा प्रकार कमी प्रमाणात होऊ लागतो व इलेक्ट्रोडमधील विद्युतप्रवाह वाढतो. इलेक्ट्रोडविभव फरक वाढवित गेल्यास, सरते शेवटी आयनांचा वेग इतका वाढतो की विरूद्ध विद्युतभार असणारे आयन अेकत्र येऊ शकत नाहीत व त्यामुळे परस्परांचा विद्युतभार नष्ट करुन मूळ रेणू निर्माण होण्याचे कार्य आपोआपच बंद पडते. अशा वेळी इलेक्ट्रोडमधील विद्युतप्रवाह जास्तीत जास्त असतो. या जास्तीत जास्त विद्युतप्रवाहाला थॉमसनने संपृक्त विद्युतप्रवाह असे नाव दिले. या संपृक्त विद्युतप्रवाहाहून जास्त विद्युतप्रवाह मिळवायचा असल्यास, इलेक्ट्रोडमधील अंतर वाढवावे लागते.

यानंतर कॅथोड किरणांचे स्वरुप शोधून काढण्याचा थॉमसनने प्रयत्न केला. विद्युतभारवाही वेगवान कणांचा स्रोत किंवा प्रवाह म्हणजे कॅथोड किरण असे त्याचे मत होते. पण ते प्रायोगिकरीत्या सिद्ध झाले नव्हते. विद्युतभारवाही कणांच्या प्रवाहाचा तात्त्विक दृष्टया विचार करुन, त्याने १८८१ मध्ये अेक

संशोधन निबंध प्रसिद्ध केला. 'a' त्रिज्या व 'm' भार असलेला गोल, 'u' वेगाने धावत असेल तर त्याची चल उर्जा $\frac{1}{2}mu^2$ असते. पण त्याच गोलावर 'e' विद्युतभार असल्यास, व तो 'u' या वेगाने धावत असल्यास, त्याची चल उर्जा $\frac{1}{2}(m+\frac{2}{3}\cdot\frac{e^2}{a})u^2$ असते. असे त्याने त्या संशोधन निबंधात दाखवून दिले. म्हणजे विद्युतभारामुळे, चल उर्जेच्या मापनासाठी विचारात घ्यायचा गोलाचा भार $(\frac{2}{3}.\frac{e^2}{a})$ या संख्येने वाढतो.

कॅथोड किरणातील वेगवान कण म्हणजे वायुरुप अणु किंवा रेणु होत असे थॉमसनला प्रथमतः वाटत होते. पण चुंबकीय क्षेत्राचा या किरणावर होणारा परिणाम तपासून पाहाता, आपली ही कल्पना सिद्ध करता येईल असे त्यास वाटेना. जास्तीत जास्त निर्वात वापरुन कॅथोड किरण मिळविले व त्यावर इलेक्ट्रोस्टॅटिक (विद्युतस्थितीक) क्षेत्राचा परिणाम घडवून आणला, तर कॅथोड किरण जाण्याच्या दिशेत फरक होतो किंवा ते सरळ जाण्याऐवजी वळतात असे त्याला आढळले. १८७६ साली गोल्डस्टीनने याचविषयी प्रयोग करुन, कॅथोड किरण विद्युत क्षेत्राने किंवा चुंबकीय क्षेत्राने वळविता येतात असा निष्कर्ष काढला होता. चुंबकीय क्षेत्रामुळे व विद्युतक्षेत्रामुळे कॅथोड किरण जाण्याच्या दिशेत होणारा फरक लक्षात घेऊन, कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार व कणाचा भार यांचे परस्परप्रमाण त्याने ठरवले. विद्युतविभाजनामध्ये हायड्रोजन अणुवरील विद्युतभार व त्या अणुचा भार यांचे जे परस्परप्रमाण मिळते त्या मानाने कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार व कणाचा भार यांचे परस्पर प्रमाण फारच जास्त आहे. हायड्रोजन आयनावरील विद्युतभार व कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार समान असल्यास, कॅथोड किरणातील कणाचा भार हायड्रोजन अणुच्या भाराच्या मानाने फारच सूक्ष्म असला पाहिजे हे ओघानेच आले.

कणावरील विद्युतभार व कणाचा भार यांचे परस्पर प्रमाण ठरवले गेले तरी त्या कणावरील विद्युतभार किती आहे व त्या कणाचा भार किती आहे हे स्वतंत्रपणे मोजण्याचे काम राहून गेले होते. हे काम थॉमसनने कसे पार पाडले ते थॉमसनच्याच शब्दात समजावून घेणे योग्य ठरेल. नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर थॉमसनने दिलेल्या व्याख्यानातील त्या संबंधाचा भाग पुढे दिला आहे. व्याख्यानाच्या सुरवातीस त्याने कॅथोड किरणांचे वर्णन केले आहे. तेही दिले आहे.

"माहीत असलेल्या कोणत्याही मूलतत्त्वाच्या अणूहूनही सूक्ष्म कण, ऋणविद्युत वाहून नेण्याचे काम करतात. कोणत्याही प्रकारे ऋणविद्युत मिळविली

असली तरी या सूक्ष्म कणांचे स्वरुप एकच असते. या सूक्ष्म कणांना कॉर्प्युस्कल्स असे नाव मी दिले. कॉर्प्युस्कल्सच्या शोधाची हकीकत मी आता सांगणार आहे.

जास्तीत जास्त निर्वात केलेल्या नलिकेतून विद्युतवहनाचे प्रयोग करीत असता कॉर्प्युस्कल्सचा शोध लागला. जास्त निर्वात केलेल्या नलिकेतून विद्युतवहन केल्यास, नलिकेच्या बाजू हिरव्या स्फुरदीप्तीने उजळलेल्या दिसतात. कॅथोडपासून सरळ रेषेत काही तरी येत असल्याने असे होते हे पुढे वर्णन केलेल्या प्रयोगाने दाखवता येते हा प्रयोग बऱ्याच वर्षापूर्वी सर विल्यम क्रूक्सने केला होता. अभ्रकाचा लहानसा क्रॉस करून तो क्रॉस त्याने कॅथोड व नलिकेची बाजू यांच्या-मध्ये ठेवला व त्यानंतर निर्वात नलिकेतून विद्युतवहन सुरु केले. नलिकेत क्रॉस नसताना, ज्याप्रमाणे नलिकेच्या सर्व बाजू स्फुरदीप्तीने उजळून निघायच्या तो, प्रकार नलिकेत क्रॉस ठेवल्यावर दिसून आला नाही; तर नलिकेच्या स्फुरदीप्तीने उजळलेल्या बाजूकडे क्रॉसची आकृती छायारुपाने दिसू लागली.

क्रॉसची ती छायारुप आकृती पाहिल्यावर, कॅथोडपासून सरळ रेषेत प्रवास करणारे काही तरी अभ्रकाच्या क्रॉसने अडवले गेले आहे याची खात्री पटते. नलिकेच्या बाजूवर दिसणारी हिरवी स्फुरदीप्ती त्यावर कॅथोड किरण पडल्याने निर्माण होत असते.या कॅथोड किरणांचे नक्की स्वरुप काय याबद्दल एकेकाळी बरेच वादंग माजले होते. दोन परस्पर विरुद्ध मते मांडण्यात येत होती. ऋणविद्युतभारवाही अतीवेगवान कण कॅथोडपासून निघून पुढे जात असतात व हे कण म्हणजेच कॅथोड किरण होत असे एक मत होते. तर हे किरण प्रकाशलहरी-सारख्या, वेगळ्या प्रकारच्या, ईथरमधील लहरी होत असे दुसरे मत होते.

ऋणविद्युतभारवाही कण वेगाने सरळ रेषेत जात असता, त्यावर चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊ दिल्यास, ते ज्याप्रमाणे एका विशिष्ठ दिशेस वळतात, त्याप्रमाणे कॅथोड किरणांची वर्तणूक आहे. त्यावरुन कॅथोड किरणातील कण ऋणविद्युतवाहक आहेत असे सिद्ध होते. ऋणविद्युतभारवाही वेगवान कण ज्या दिशेला जात असतात, त्या दिशेशी काटकोन करील अशा दिशेने, चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊ दिल्यास, कण जाण्याची दिशा व चुंबकीय क्षेत्राची दिशा या दोहोशी काटकोन करणाऱ्या दिशेकडे कण वळतात.

कण पूर्वेकडून पश्चिमेकडे क्षितिजसमांतर जात असतील व चुंबकीय क्षेत्र उत्तरेकडून दक्षिणेकडे क्षितिजसमांतर असेल तर ऋणविद्युतभारवाही

कण, या दोन्ही दिशाशी काटकोन करणाऱ्या दिशेने खालच्या बाजूस वळतील.

ऋणविद्युतभारवाही कण ज्या दिशेने प्रवास करीत असतात, त्या दिशेशी समांतर दिशेत किंवा त्याच दिशेत चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊ दिल्यास, कण जाण्याच्या दिशेवर चुंबकीय क्षेत्राचा काहीही परिणाम होत नाही.

कॅथोड किरण म्हणजे ऋणविद्युतभारवाही कण आहेत हे सिद्ध करण्या-साठी, मी आणखी एक पुरावा गोळा केला. हे किरण धातुपात्रावर पडू दिल्यास, ते पात्र त्या कणांच्या मुळे ऋणविद्युतभारवाही होते. हा प्रयोग प्रथमतः पेरिनने करुन पाहिला. पेरिनच्या प्रयोगाचे निष्कर्ष एका वेगळ्या पद्धतीने मी नक्की केले धातुपात्र कॅथोड किरणांच्या मार्गात न ठेवता, ते कॅथोड किरण जेथे पोचत होते, त्याच्या बाजूला ठेवून दिले. नंतर चुंबकीय क्षेत्राचा कॅथोड किरणावर अशा रीतीने परिणाम घडवून आणला की कॅथोड किरण जाण्याची दिशा बदलून, ते धातुपात्रापर्यंत जाऊन पोचू लागले. कॅथोड किरण धातुपात्रावर पडू लागताच पात्राला ऋणविद्युतभार आल्याचे समजून आले.

कॅथोड किरण जर खरोखरीच ऋणविद्युतभारवाही कण असतील, तर त्यावर विद्युतक्षेत्राचाही परिणाम व्हायला पाहिजे. संशोधनाच्या सुरवातीस मी केलेल्या प्रयोगात, विद्युतक्षेत्राचा कॅथोड किरणावर काही परिणाम होत असल्याचे माझ्या लक्षात आले नव्हते. असे होण्याचे मुख्य कारण माझ्या आतापर्यन्तच्या बोलण्यात आले आहे. कॅथोड किरण जेव्हा वायुमधून जातात तेव्हा त्या वायुच्या रेणुंचे आयनीकरण होते व वायुमध्ये विद्युतवहनक्षमता येते. पात्रातून कॅथोड किरण जात असता, जर त्या पात्रात खूप वायु असेल तर त्या वायुच्या आयनी-करणामुळे कॅथोड किरणाभोवती विद्युतवहनक्षम वायुचा स्तर जमा होतो आणि त्या स्तरामुळे विद्युतक्षेत्राचा परिणाम कॅथोड किरणावर होत नाही

कॅथोड किरण निर्माण करण्याच्या नलिकेतील वायु जास्तीत जास्त प्रमाणात काढून, त्या नलिका जास्तीत जास्त निर्वात केल्या म्हणजे विद्युतवहनक्षम वायुचा स्तर कॅथोड किरणाभोवती जमा होण्याची शक्यता कमी होते मग अशा वेळी विद्युतक्षेत्राचा कॅथोड किरणावर परिणाम झाल्याचे दिसून येते. कॅथोड किरणांची दिशा व विद्युतक्षेत्राची दिशा आणि विद्युतक्षेत्र सुरु केल्यानंतर कॅथोड किरण कोणत्या दिशेला वळतात याचा अभ्यास केल्यास कॅथोड किरण म्हणजे ऋणविद्युतभारवाही, वेगवान कणांचा स्त्रोत आहे असे समजून येते.

थोडक्यात, ऋणविद्युतभारवाही वेगवान कणावर चुंबकीय क्षेत्राचा व विद्युतक्षेत्राचा जो परिणाम व्हावा अशी अपेक्षा आहे, तोच परिणाम त्या दोन्ही क्षेत्रांचा कॅथोड किरणावर होतो.

— — — — —

फक्त कॅथोड किरणापासूनच आपल्याला कॉर्प्युस्कल्स मिळवता येतात असे नाही. कॉर्प्युस्कल्सचा एकदा शोध लागल्यानंतर ते इतर काही वेगळ्या पद्धतीने मिळवता येतात का हे पाहू गेल्यास, कॉर्प्युस्कल्स वेगवेगळ्या प्रकाराने मिळविता येतात असे दिसून येते. धातु लालगुंज होईपर्यंत तापविल्यास त्यातून थोड्या बहुत प्रमाणात कॉर्प्युस्कल्स बाहेर पडतात. रुबिडियम, सोडीयम व पोटॅशियमचे मिश्र धातु साधारण तपमानास असताना, त्यातून कॉर्प्युस्कल्स बाहेर पडत असतात.

धातु काही इतर पदार्थ आणि त्यातल्या त्यात अल्कली धातु प्रकाशात आणल्यास, त्यावर प्रकाशाचा परिणाम होऊन त्यातून कॉर्प्युस्कल्स बाहेर पडू लागतात.

युरॅनियम व रेडीयमसारख्या किरणोत्सर्गी पदार्थातून कॉर्प्युस्कल्स मोठ्या प्रमाणात व मोठ्या वेगाने सतत बाहेर पडत असतात. काही क्षार ज्वालेमध्ये धरल्यास, त्यातून कॉर्प्युस्कल्स मोठ्या प्रमाणात बाहेर पडू लागतात. माझा असा समज आहे की सूर्याच्या वातावरणातून कॉर्प्युस्कल्स बाहेर पडतात व सूर्य आणि पृथ्वी यामधले अंतर चालून आल्यानंतर पृथ्वीच्या वातावरणात प्रवेश करतात.

अशा रीतीने खूप ठिकाणी कॉर्प्युस्कल्स सापडणे शक्य आहे. पण कोठेही ते सापडले किंवा कोणत्याही तऱ्हेने ते निर्माण झाले तरी त्या कणावरील विद्युत-भार e आणि कणाचा भार m यांचे परस्परप्रमाण e/m याचे मूल्य नेहमी स्थिर किंवा कायम असते.

निरनिराळ्या स्थिर वस्तुमात्राचा एक भाग म्हणजे कॉर्प्युस्कल्स असे वाटण्यासारखी परिस्थिती आहे. म्हणून अणूंच्या रचनेत कॉर्प्युस्कल्सचे काही तरी महत्वाचे कार्य आहे.

आता हायड्रोजन आयनाच्या e/m परिणाममूल्याशी तुलना करता,

कॉर्प्युस्कल्सचे e/m परिणाम मूल्य फार मोठे असण्याचे कारण कॉर्प्युस्कल्सवरील विद्युतभार फार मोठा असण्यात नसून, कॉर्प्युस्कल्सचा भार अतिशय कमी असण्यात आहे, हे कसे सिद्ध झाले याकडे मी वळतो. कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार e चे मूल्य काय असावे ते आपण सी. टी. आर. विल्सनने शोधून काढलेल्या पद्धतीने मोजू शकतो. सी. टी. आर. विल्सनच्या पद्धतीत, काचपात्रात कृत्रिम ढग तयार करुन, त्यातून विद्युतभारवाही कण जाऊ दिल्यास, त्या कणाभोवती जलबाष्प जमा होते व ढगातील जलबाष्प बिंदु आकाराने मोठा होतो. त्या मोठ्या जलबाष्पबिंदुचा फोटो काढता येतो.

या विषयीचा प्रयोग मी थोडक्यात वर्णन करुन सांगणार आहे.

एखाद्या बंद पात्रात पाणी असल्यास, ते पात्र पाण्याच्या संपृक्त बाष्पाने भरलेले असते. पाण्याने भरलेल्या अशा पात्राला, एक सिलिंडर जोडून, त्या सिलिंडरमध्ये खाली वरती करता येण्यासारखा एक पिस्टन बसविला. प्रयोगाला सुरवात करताना, पिस्टन सिलिंडरमध्ये अगदी वर असतो. पिस्टनखालील हवा जर अचानक पूर्णपणे काढून घेतली, तर पिस्टनवरील हवेच्या दाबाने तो झटकन खाली येईल आणि पात्रातील हवेचे चटकन प्रसरण होईल. हवेचे अशा तऱ्हेने प्रसरण झाल्यास ती आपोआप थंड होते किंवा तिचे तपमान उतरते. असे झाल्यास, पात्रातील बाष्प संपृक्त हवा। बाष्प अतिसंपृक्त होते. हवेमध्ये जर धूलीकण नसतील तर हवा बाष्प अतिसंपृक्त झाली तरी तीतून जलबिंदु बाहेर पडत नाहीत. पण त्या हवेचे तपमान इतके उतरवले की मूळ तपमानाला हवा बाष्प संपृक्त होण्यासाठी जितके जलबाष्प अवश्य असते, त्याच्या एक अष्ठमांश जलबाष्प या नव्या खालच्या तपमानाला हवा बाष्पसंपृक्त होण्यासाठी पुरते तर त्या तपमानाला हवेतील जलबाष्प जलबिंदुंच्या रूपाने हवेबाहेर पडते.

म्हणजे हवेच्या तपमानातील फरक व हवेची बाष्प अतिसंपृक्तावस्था पिस्टनच्या खाली वर होण्यावर अवलंबून आहे. पिस्टन वरून फार खालपर्यन्त आणला गेला तर हवेचे तपमान जास्त उतरेल. असे समजा की आपण अशा तऱ्हेने पिस्टन हलविला आहे की ज्यामुळे हवेच्या मूळच्या तपमानाला असलेल्या जलबाष्पाचा १/८ ते १/४ भाग खालच्या तपमानाला हवा बाष्प अतिसंपृक्त करण्यास समर्थ आहे; तर अशा वेळी बाष्पाचे ढग तयार होतात व हे ढग जसे खाली येतात तसे ते आपल्याबरोबर हवेतील धूलीकण खाली आणतात— म्हणजे ढग खाली येण्यामुळे हवा पूर्णपणे धूलीकण विरहित होते. हवा या स्थिती—

पर्यंत आणल्यानंतर आपण तिचे प्रसरण केले, तर जल बाष्पाच्या ढगातील कण इतके सूक्ष्म असतात की ते दृश्य स्वरुपात नसतात.

यानंतर सूक्ष्म जलबाष्प कण असलेल्या पात्राजवळ रेडीयम क्षार ठेवून, पात्रातील हवा विद्युतवहनक्षम केली जाते. असे केल्याने, हवेत धन व ऋण विद्युतभारवाही कण निर्माण होतात. यानंतर हवेचे प्रसरण केल्यास, अतिशय घन मेघ तयार होतात. हवेच्या प्रसरणाने तयार झालेल्या मेघांच्या घनतेचे कारण वायुमध्ये विद्युतभारवाही कण निर्माण होण्यात आहे, हे आता सांगणार आहे त्या प्रयोगाने सिद्ध होते.

पात्राच्या आतल्या भागास पूर्णपणे इन्सुलेशन केलेल्या (विद्युतवहनास प्रतिकार करणाऱ्या) दोन पट्ट्या ठेवल्या आहेत. या पट्ट्याना विद्युतभारवाही करणे शक्य आहे. या पट्ट्या विद्युतभारवाही केल्यास, हवेत विद्युतभारवाही कण निर्माण झाल्याबरोबर, त्या पट्ट्या ते विद्युतभारवाही कण आपल्याकडे आकर्षून घेतील व त्यामुळे हवेतील विद्युतभारवाही कणांची संख्या खूपच कमी होईल. आता पात्राजवळ रेडीयमक्षार ठेवण्याआधी हवेचे प्रसरण केल्यास, अगदी छोटासा मेघ तयार होतो.

मेघातील जलकणांच्या सहाय्याने कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार मोजता येतो. पिस्टन किती खाली गेला आहे यावरुन अतिसंपृक्तावस्था किती झाली आहे हे काढता येते, आणि त्यावरून मेघ तयार होताना किती पाणी जलबिंदुंच्या स्वरुपात बाहेर पडेल ते काढता येते. सारख्या किंवा समान आकाराच्या जलबिंदुंच्या स्वरुपात पाणी जमा होत असते. जमा झालेल्या सर्व पाण्याच्या घनफळाला एका जलबिंदुच्या घनफळाने भागले तर किती जल–बिंदु तयार झाले हे काढता येते. तेव्हा एका जलबिंदुचे घनफळ काढले की त्यावरुन विद्युतभारवाही कणाभोवती किती जलबिंदु तयार झाले हे काढता येते. विद्युतभारवाही कणांची संख्या फार मोठी नसेल तर अशा प्रत्येक विद्युतभारवाही कणाभोवती एक एक जलबिंदु तयार होईल व अशा रीतीने विद्युतभारवाही कणांची संख्या आपल्याला समजेल.

जलबिंदु ज्या वेगाने खाली येतात, त्या वेगावरुन त्यांचे घनफळ काढता येते.

– – – – –

तेव्हा अशा रीतीने एका जलबिंदुच्या घनफळावरुन, जलबिंदुंची संख्या समजते व त्या संख्येवरुन विद्युतभारवाही कणांची संख्या काढता येते.

हे झाल्यानंतर सर्व कणावर मिळून एकंदर किती विद्युत तयार झाली हे मोजण्याचे काम अगदी साधे आहे. यानंतर एकंदर विद्युत व कणांची एकंदर संख्या यावरून प्रत्येक कणावर किती विद्युतभार आहे हे काढता येते.

— — — — —

या पद्धतीने कॅथोड किरणातील कणावरील e या विद्युतभाराचे मापन केल्यास, e चे मूल्य 3×10^{-10} इलेक्ट्रोस्टॅटिक एकक किंवा 10^{-20} इलेक्ट्रो–मॅग्नेटिक (विद्युतचुंबकीय) एकक आहे. विद्युत विभाजन करीत असता, हायड्रोजन आयनावर इतकाच विद्युतभार असतो. फक्त फरक इतकाच की हायड्रोजन आयनावर धनविद्युत असते तर कॅथोड किरणातील कणावर ऋणविद्युत असते.

— — — — —

ऋणविद्युतभारवाही कण रेडीयममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणोत्सर्गातील असतील किंवा नीलातीत किरण वायुमधून गेल्यामुळे तयार झाले असतील तर त्या कणावरचा विद्युतभार एकच असतो.

कॉर्प्युस्कलवरच्या e या विद्युतभाराचे मूल्य 10^{-20} विद्युतचुंबकीय एकक आहे आणि e/m चे परिणाममूल्य $1{\cdot}7 \times 10^{7}$ आहे असे या आधीच आम्ही ठरविले होते म्हणजे कॉर्प्युस्कलच्या m या भाराचे मूल्य 6×10^{-28} ग्रॅम आहे.

विद्युत विभाजनाच्या वेळी मिळणाऱ्या हायड्रोजन आयनाचा विद्युतभार व त्या आयनाचा भार यांच्या e/m या परिणाममूल्याच्या जवळ जवळ १७०० पट मूल्य, कॅथोड किरणातील कणावरील विद्युतभार व कणाचा भार यांच्या परिमाणाचे आहे. यानंतर केलेल्या जास्त अचूक प्रयोगावरुन, कॅथोड किरणातील कणाचे e/m हे परिमाणमूल्य $1{\cdot}759 \times 10^{7}$ विद्युतचुंबकीय एकक येते. म्हणजे e/m चे परिणाममूल्य काढण्यात फार मोठीशी चूक नाही. त्याउलट थॉमसनने e चे ठरवलेले व त्यावरुन m चे ठरवलेले मूल्य नंतर अचूक ठरवलेल्या मूल्या–पेक्षा जरा कमी आहे. सध्या e व m ची मान्य झालेली मूल्ये अनुक्रमे $e = 4{\cdot}803 \times 10^{-10}$ इलेक्ट्रोस्टॅटिक (स्थितीकविद्युत) एकक $= 1{\cdot}601 \times 10^{-20}$ विद्युतचुंबकीय एकक $= 9{\cdot}115 \times 10^{-28}$ ग्रॅम अशी आहेत.

१८९७ च्या ऑक्टोबर महिन्यात थॉमसनने e/m चे मूल्य ठरवले आणि त्या विषयीचा संशोधननिबंध ' फिलॉसॉफिकल मॅगझीन ' या नियतकालिकात त्याच वर्षी प्रसिद्ध केला. जलबाष्पाच्या मेघामधून विद्युतभारवाही कण गेल्यास, त्या कणांच्या मार्गात जलबिंदु तयार होतात व त्यावरुन त्या कणांचा मार्ग समजून येतो हा सी.टी.आर. विल्सनचा शोधही १८९७ साली लागला. सी. टी. आर. विल्सनचे संशोधन थॉमसनच्याच प्रयोगशाळेत त्याच्याच प्रेरणेने झाले होते. विल्सनच्या शोधाचा उपयोग करुन, थॉमसनने १८९८ मध्ये e चे मूल्य स्वतंत्रपणे काढले.

१८९९मध्ये थॉमसनने अणुंच्या रचनेविषयी काही तात्त्विक विचार प्रगट केले. त्याच्या मताने अणुमध्ये बरेचसे ऋणविद्युतभारवाही कॉर्प्युस्कल असायला पाहिजेत. यानंतर त्याने कॉर्प्युस्कल ऐवजी इलेक्ट्रॉन हा शब्द वापरायला सुरवात केली. पण एकंदर अणुचा विचार करता, अणुवर ऋण किंवा धन विद्युतभार नसतो. म्हणून अणुतील ज्या जागेत इलेक्ट्रॉन असतात, त्या जागेत काही तरी कारणामुळे इलेक्ट्रॉनच्या ऋणविद्युतभाराचे उदासीनीकरण करणारा धनविद्युत-भार असतो. वायुमधून क्ष किरण गेल्यास, अणुतील इलेक्ट्रॉन (ऋणकण) वेगळे होतात व ऋणविद्युतभारवाही कणासारखे वागतात. त्यामुळे बाकी राहिलेला शेष अणु इलेक्ट्रॉनहून जास्त भाराच्या धन आयनासारखा वागतो. क्ष किरणामुळे वायुचे आयनीकरण होते या शब्दात आपण या क्रियेचे वर्णन करतो.

१९०४ मध्ये त्याने एक तात्त्विक विचार परिपूर्ण संशोधननिबंध प्रसिद्ध केला. धनविद्युतभार असलेल्या जागेमधून, ऋणविद्युतभारवाही इलेक्ट्रॉन जाण्याची शक्यता असल्यास, धन व ऋण विद्युतभारवाही कणांचा मेळावा कशा तऱ्हेने स्थिर राहू शकेल याचा विचार त्या निबंधात होता. गणितशास्त्राचा आधार घेऊन त्याने असे सिद्ध केले की इलेक्ट्रॉन एकाच पातळीत जाऊ शकत असतील तर त्यांची त्याच पातळीत, एककेन्द्रित निरनिराळी वर्तुळाकार वलये तयार होतील. सर्वात आतल्या वर्तुळात कमी इलेक्ट्रॉन व वर्तुळाकार वलयांची त्रिज्या वाढत जाईल त्याप्रमाणे त्यातील इलेक्ट्रॉनची संख्या वाढत जाईल. पण इलेक्ट्रॉन एकाच पातळीत जाऊ शकत नसतील किंवा शक्य असलेल्या सर्व पातळयातून त्यांचा संचार असेल तर त्याचे एककेन्द्रित निरनिराळे गोल तयार होतील. आतील गोलात सर्वात कमी इलेक्ट्रॉन व गोलांची त्रिज्या वाढत जाईल त्याप्रमाणे त्यातील इलेक्ट्रॉनची संख्या वाढत जाईल. अशा प्रकारची अणुची रचना असल्यास, त्या अणुंचे गुणधर्म काय असतील याचा त्याने या निबंधात विचार केला आहे. वाढत्या

अणुभाराच्या निरनिराळ्या मूलतत्त्वांचे जे गुणधर्म आहेत, त्या सारखेच गुणधर्म अशा रीतीने तयार झालेल्या अणूमध्ये असतील म्हणजे अणुभाराप्रमाणे मूलतत्त्वांचे गुणधर्म बदलत असतात या तत्त्वाला धरून मांडलेल्या आवर्तनसारणीप्रमाणे अणूंचे गुणधर्म असले पाहिजेत असे त्याने प्रतिपादन केले व गणितशास्त्राच्या आधारे सिद्ध केले.

कॅथोड किरण नलिकेतील कॅथोड त्या नलिकेचे साधारण दोन सारखे भाग होतील अशा रीतीने ठेवला व त्या कॅथोडला बरीचशी भोके पाडली असली आणि त्यानंतर त्या नलिकेतील अत्यंत कमी दाबाखाली असलेल्या वायूमध्ये विद्युतवहन सुरु केले तर कॅथोड मागच्या भागात प्रज्वलित रंगाचे किरण कॅथोडला पाडलेल्या भोकातून सरळ रेषेत मागे जातात असे युजेन गोल्डस्टीन या जर्मन संशोधकाने १८८६ मध्ये शोधून काढले. नलिकेत असणाऱ्या वायुप्रमाणे कॅथोडमागे जाणाऱ्या किरणांचा रंग पालटत होता. या किरणाना गोल्डस्टीनने कॅथोड किरण असे नाव दिले. गोल्डस्टीनने हे किरण शोधून काढले असल्याने, त्यानी कधी कधी गोल्डस्टीन किरण असेही म्हणतात. डब्ल्यू. वीन या संशोधकाने या किरणावर होणाऱ्या विद्युतक्षेत्राच्या व चुंबकीय क्षेत्राच्या परिणामाचा अभ्यास करुन, या किरणामध्ये धनविद्युतभारवाही व नलिकेतील वायूच्या अणूंच्या किंवा रेणूंच्या भाराइतके भार असणारे कण असतात असे शोधून काढले.

गोल्डस्टीनने शोधून काढलेल्या कॅनाल किरणाना त्यावरील धनविद्युत-भारामुळे पॉझिटिव्ह किरण असे नाव मिळाले. १९०६ ते १९१४ या आठ वर्षांच्या काळात, थॉमसनने पॉझिटिव्ह किरणाविषयी संशोधन केले. कॅथोड किरणाविषयीच्या संशोधनाच्या मानाने, पॉझिटिव्ह किरणाविषयीचे संशोधन तितकेसे अवघड नव्हते.

कॅथोड नलिकेमध्ये घेतलेल्या वायूच्या अणूतून किंवा रेणूतून एक किंवा अधिक ऋणकण काढून घेतल्यानंतर मागे राहिलेला धनविद्युतभारवाही शेष अणूंचा किंवा रेणूंचा स्रोत म्हणजे पॉझिटिव्ह किरण होत. या किरणातील धनविद्युतभारवाही कणांचा वेग वेगवेगळा असतो. पॉझिटिव्ह किरणाविषयी संशोधन करताना, थॉमसनने नेहमीच्या कॅथोड किरण नलिकेहून जरा वेगळ्याच प्रकारची विद्युतवहननलिका वापरली. तीमध्ये जवळ जवळ सात सेन्टीमीटर लांबीचा ॲल्युमिनियम धातुचा दंडगोल कॅथोड म्हणून वापरला होता, आणि त्या कॅथोडमध्ये आरपार जाणारे १/१० मिलीमीटर व्यासाचे छिद्र पाडले होते.

या कॅथोडच्या मागच्या गोलाकार काचपात्रामध्ये निर्वात होता व पात्राच्या अगदी मागे पण पात्रातच फोटोग्राफिक प्लेट (प्रकाश चित्रण काच) ठेवण्याची सोय होती. पॉझिटिव्ह किरण कॅथोडमधून मागच्या बाजूस वेगवेगळ्या वेगाने येतात व सरळ रेषेत प्रवास करून, फोटोग्राफिक प्लेटवर आदळतात. फोटोग्राफिक प्लेट डेव्हलप केल्यावर, पॉझिटिव्ह किरण जेथे आदळतात तेथे काळा ठिपका दिसून येतो. पॉझिटिव्ह किरण कॅथोड मागच्या निर्वातात नेऊन, फोटोग्राफिक प्लेटकडे जात असता, त्यावर विद्युतक्षेत्राचा व चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम घडवून आणण्याची सोय आहे. या दोन्ही क्षेत्रांचा पॉझिटिव्ह किरणावर परिणाम होऊन, ते किरण वेगळ्या दिशेला वळतात व फोटोग्राफिक प्लेटवर वेगळ्याच ठिकाणी आदळतात. पॉझि-टिव्ह किरण ज्या दिशेने जात असतात, त्या दिशेशी काटकोन करणाऱ्या दिशेकडे ते किरण चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम होऊन वळत असतात. तर विद्युतक्षेत्राचा त्या किरणावर परिणाम होऊन, पॉझिटिव्ह किरण जाण्याच्या दिशेशी व चुंबकीय क्षेत्रामुळे ज्या दिशेकडे वळतात त्या दिशेशी काटकोन करणाऱ्या दिशेकडे ते वळतात. पॉझिटिव्ह किरणांच्या वेगाप्रमाणे, ते किरण फोटोग्राफिक प्लेटवर, विद्युतक्षेत्राचा व चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम झाल्यानंतर वेगवेगळ्या ठिकाणी आदळतात. फोटोग्राफिक प्लेट डेव्हलप केल्यानंतर, वेगवेगळ्या ठिकाणी पॉझि-टिव्ह किरण आदळण्याने निर्माण झालेले ठिपके एकापुढे एक येऊन, पॅराबोलिक रेषा तयार होते. पॉझिटिव्ह किरणातील कणांच्या e/m चे म्हणजे विद्युतभार व भार यांचे परिणाम मूल्य अेकच असेल तर अेकच पॅराबोलिक रेषा मिळते. पण पॉझिटिव्ह किरणातील काही कणांच्या e/m चे परिणाम मूल्य भिन्न असले तर e/m ची जितकी भिन्न परिमाण मूल्ये असतात तितक्या पॅरॉबोलिक रेषा मिळतात. फोटोग्राफिक प्लेटवरील केन्द्रबिन्दुपासून पॅराबोलिक रेषांची अंतरे मोजून, विद्युतक्षेत्राची व चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता लक्षात घेऊन गणित मांडल्यास कोणत्या शेष-अणुमुळें किंवा शेष-रेणुमुळे वेगवेगळ्या पॅराबोलिक रेषा मिळाल्या आहेत हे शोधता येते. पाण्याचे बाष्प निर्वातपात्रात असल्यास, फोटोग्राफिक प्लेटवर मिळालेल्या पॅराबोलिक रेषावरुन, पाण्याच्या शेष रेणूवर अेक ते सात अेकक विद्युतभार असल्याचे दिसून आले. निर्वात पात्रात निऑन वायु ठेवून प्रयोग केल्यावर, फोटोग्राफिक प्लेटवर दोन पॅराबोलिक रेषा मिळाल्या. यातील अेक रेषा वीस अणुभाराच्या निऑनमुळे व दुसरी बावीस अणुभाराच्या निऑनमुळे मिळाली होती. अेका मूलतत्त्वाचे सर्व अणू सारख्याच भाराचे नसू शकतात म्हणजे भिन्न अणुभार असूनही रासायनिक गुणधर्म अभिन्न असतात याचे म्हणजे अेकस्थानींच्या अस्तित्वाचे, प्रयोगाने समजून आलेले हे पहिलेच उदाहरण होय.

यानंतर निरनिराळ्या मुलतत्वांचे अेकस्थानी शोधण्याच्या कामास सुरवात झाली. जवळ जवळ सर्व मूलतत्वांचे अेकस्थानी आहेत असे समजून आले आहे. अत्यंत अस्थिर स्वरुपाच्या रेणुंचाही शोध थॉमसनच्या या पद्धतीने लागला. मिथेन (CH_4) वायूमध्ये CH, CH_2, CH_3 या रासायनिक सूत्रांचे व अस्थिर स्वरुपाचे रेणु असल्याचे दिसून आले आहे.

संशोधनाचा परिणाम

ग्रेट ब्रिटनच्या रॉयल इन्स्टिटयूशनच्या ३० एप्रिल १८९७ च्या सभेत जे.जे. थॉमसनने आपला कॉर्प्युस्कलचा किंवा सध्याच्या भाषेत इलेक्ट्रॉनचा शोध जाहीर केला. कणाविषयीचे भौतिकीशास्त्र या दिवसापासून सुरु झाले असे मानायला हरकत नाही. झीमानच्या शोधाचा पाठपुरावा करणारी, वस्तुमात्रात ऋणकण असतात असे मांडणारी लॉरेन्ट्झची उपपत्ती उपपत्ती स्वरुपातच राहिली. रॉन्ट-जेनने लावलेला क्ष किरणांचा शोध व बेक्वेरेलने लावलेला किरणोत्सर्गाचा शोध यांचा पुढे अणुची रचना समजावून घेण्यासाठी उपयोग झाला. पण कांहीं वर्षे तरी या शोधांचा अणुची रचना समजावून घेण्याच्या दृष्टीने उपयोग केला गेला नाहीं. फोटो इलेक्ट्रिक परिणाम का घडून येतो याचे लेनार्डचे स्पष्टीकरण १८९९ पर्यंत प्रसिद्ध झाले नाही. लेनार्डच्या स्पष्टीकरणाप्रमाणे पदार्थावर प्रकाश पडल्यावर त्यातून विद्युतक्वांटेन (ऋणकणांचा झोत) बाहेर पडले तर फोटो इलेक्ट्रिक परिणाम दिसून येतो. ऋणकणांचे अस्तित्व सिद्ध करणे हे थॉमसनचे मुख्य कार्य होय. पॉझिटिव्ह किरण संशोधनाची त्याची पद्धत सुधारुन, तीत जास्तीतजास्त अचूकता अेफ्, डब्ल्यु. ॲस्टन या शास्त्रज्ञाने आणली व " मास स्पेक्ट्रोग्राफ " हे नवीन प्रकारचे उपकरण संशोधनक्षेत्रात आणले. या ' मास स्पेक्ट्रोग्राफ ' मुळे बहुतेक सर्व मूलतत्त्वांचे तोपर्यंत अज्ञात असलेले अेकस्थानी शोधता आले. ॲस्टन च्या संशोधनाबद्दल त्यास १९२२ साली रसायनशास्त्रातील संशोधनाबद्दलचे नोबल पारितोषिक मिळाले. अेकस्थानींच्या संशोधनामुळे अणुंची रचना शोध-ण्याच्या कार्यास खूपच चालना मिळाली. अणुंची रचना व अेकस्थानींचे अस्तित्व या प्रश्नावर प्रकाश पाडण्याचे कार्य थॉमसनने केले.

- - - - -

१९०७

आल्बर्ट अब्राहाम मायकेलसन

(१८५२–१९३१)

"प्रकाशाविषयीच्या संशोधनास उपयोगी पडेल अशा प्रकारचे उपकरण साहित्य तयार करुन, त्या उपकरण साहित्याच्या सहाय्याने प्रकाशपटाविषयी व महत्त्वमापन विद्येविषयी संशोधन केल्याबद्दल नोबेल पारितोषिक"

चरित्र

१९ डिसेंबर १८५२ रोजी पोझेन प्रांतातील स्ट्रेल्नो गावी आल्बर्ट अब्राहाम मायकेलसनचा जन्म झाला. (पहिल्या महायुद्धानंतर हे गाव पोलंडच्या ताब्यात आले.) तो फक्त दोन वर्षांचा असताना, त्याच्या पित्याने देशत्याग करुन अमेरिकेला प्रयाण केले. अमेरिकेला गेल्यानंतर पहिली पंधरा वर्षे मायकेलसन कुटुंबाने नेव्हाडा प्रांतात काढली. त्यानंतर ते कुटुंब सानफ्रान्सिस्कोला आले व तेथल्या शाळेमध्ये आल्बर्ट मायकेलसनचे शालेय शिक्षण पुरे झाले. शालेय शिक्षण पूर्ण केल्यानंतर, त्याने अमेरिकन आरमाराच्या ॲनापोलिस येथील नॅव्हल ॲकेडमीमध्ये प्रवेश मिळविला. १८७३ साली तो त्या नॅव्हल ॲकेडमीचा पदवीधर झाला व त्यास अमेरिकन आरमारात ॲन्साईन म्हणून नेमण्यात आले. अमेरिकन आरमारातून दोन वर्षे वेस्ट इंडीजच्या सफरीवर काढल्यानंतर त्यास नॅव्हल ॲकेडमीमध्ये भौतिकीशास्त्र व रसायनशास्त्र या दोन विषयांचा शिक्षक नेमण्यात आले व ते काम त्याने १८७९ पर्यंत केले. नॅव्हल ॲकेडमीमध्ये शिक्षकाचे काम करीत असता, त्यास भौतिकीशास्त्राची विशेष आवड उत्पन्न झाली. त्यातल्या त्यात

प्रकाशाचा वेग मोजण्याच्या प्रश्नाकडे तो विशष आकृष्ट झाला. १८७८ साली प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा त्याने पहिला प्रयोग केला. हा प्रयोग बराचसा यशस्वी झाला आहे असे वाटल्याने, वॉशिंग्टन येथील नॉटिकल अल्मानॅक ऑफिसने त्यास मुद्दाम वॉशिंग्टनला बोलावून घेतले व प्रकाशाचा वेग मोजण्यासाठी प्रो. सायमन न्यूकोम्ब करीत असलेल्या प्रयोगात त्यांना मदत करण्याची कामगिरी त्याच्यावर सोपविण्यात आली. प्रो. न्यूकोम्ब व मायकेलसन यानी हे संशोधन १८८० साली पूर्ण केले. यानंतर पुढील अभ्यासासाठी खास सुट्टी घेऊन मायकेलसनने युरोपला प्रयाण केले. १८८०व१८८१ ही दोन वर्षे युरोपमध्ये काढली. या दोन वर्षात त्याने बर्लिनमध्ये हेल्महोल्ट्झ यांच्या मार्गदर्शनाखाली, हायडेलबर्गमध्ये क्विंके यांच्या मार्गदर्शनाखाली व पॅरिसमध्ये कॉर्नु आणि लिपमन यांच्या मार्गदशनाखाली वेगवेगळया विषयावर संशोधन केले.

अमेरिकेला परतल्यानंतर त्याला ओहायवो संस्थानातील क्लीव्हलंडमधील केस स्कूल ऑफ अॅप्लाइड सायन्स या संस्थेत भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक नेमण्यात आले. १८९० मध्ये मॅसाच्युसेट्स संस्थानातीले वर्सेस्टर गावच्या क्लार्क विद्यापीठात त्यास भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक नेमण्यात आले. दोन वर्षानंतर १८९२ मध्ये शिकागो विद्यापीठाने त्यास बोलावून घेऊन, भौतिकीशास्त्राची रायरसन प्रयोगशाळा त्याच्या स्वाधीन केली व त्यास भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक नेमले. शिकागो विद्यापीठातून १९३१ साली कार्यनिवृत्त होईपर्यंत, तो शिकागो विद्यापीठातच अध्यापन व संशोधन करीत होता. ९ मे १९३१ रोजी त्याने इहलोकचा निरोप घेतला.

जगातल्या निरनिराळया विद्यापीठानी त्यास आपल्या माननीय पदव्या अर्पण करुन त्याच्या संशोधन कार्यांची पावती दिली. तसेच बऱ्याचशा वैज्ञानिक संस्थानी त्यास आपला माननीय सभासद करून घेऊन, त्याच्या संशोधन कार्यास मान्यता दर्शविली. १८८७ मध्ये त्यास अमेरिकन असोसिएशन फॉर द अॅडव्हान्समेन्ट ऑफ सायन्स या संस्थेचा उपाध्यक्ष निवडण्यात आले. तर १९०० मध्ये अमेरिकन फिझिकल सोसायटीने त्यास आपला अध्यक्ष निवडले. लंडनच्या रॉयल सोसायटीने १८८९ मध्ये त्यास रमफोर्ड पदक बहाल केले, व १९०२ मध्ये त्यास आपला परदेशस्थ सभासद करुन घेतले. १९०७ मध्ये त्याच रॉयल सोसायटीने त्यास कोपले पदक देऊन आपली गुणग्राहकता पुन्हा एकदा व्यक्त केली. १९२० मध्ये लंडनच्या रॉयल सोसायटी ऑफ आर्टस् या संस्थेने त्यास आल्बर्ट पदक दिले.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

संशोधनास सुरवात केल्यापासून, प्रकाशाविषयीच संशोधन करायचे असे मायकेलसनने ठरवल्यासारखे दिसते. त्यातल्या त्यात प्रकाशाचा वेग या प्रश्नावर त्याचे सर्व लक्ष केन्द्रित झाले होते.

आकाशस्थ ताऱ्यांचे वेध घेऊन, १६७६ मध्ये ओलाफ रोमरने प्रकाशाला काही ठराविक वेग असला पाहिजे हे शोधून काढले. त्यानंतर पन्नास एक वर्षांनी जेम्स ब्रॅडलेने ओलाफ रोमरच्या शोधाचा पाठपुरावा केला. ब्रॅडलेनेही आकाशस्थ ताऱ्यांचे वेध घेऊन आपले मत मांडले होते. पृथ्वीतलावर प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा पहिला प्रयोग १८४९ मध्ये हिपोलाईट फिझ्यॉने केला. घड्याळात जशी दाते असलेली चक्रे असतात, त्याप्रकारचे दाते असलेले फिरके चक्र त्याने या प्रयोगासाठी वापरले. काचेची भिंगे एकापुढे एक नीट मांडून त्याने प्रकाशशलाका मिळविली. दातेरी चाकाच्या दोन चाकांच्या फटीतून ती प्रकाशशलाका पलीकडे जाईल व पाच मैलावर ठेवलेल्या आरशावरुन परावृत्त होऊन, निरीक्षकाकडे परत येईल अशी व्यवस्था केली. प्रकाशशलाकेचा मार्ग दातेरी चाकाच्या आसाला समांतर होता. ज्यावेळी चाकाची एक फेरी करायला लागणारा वेळ व दाताच्या फटीतून आरशाकडे जाऊन तेथून परावृत होऊन, त्या फटीपर्यंत परत यायला लागणारा वेळ अेकच असेल, तेव्हा चाक फिरू लागल्यावर प्रकाशशलाका त्याच्या फटीतून पलीकडे जाऊन, आरशावरुन परावृत्त होऊन त्याच फटीतून निरीक्षकाकडे येईल. चाक फिरण्याची गती वाढवली तर आरशावरुन परावृत्त होऊन आलेली प्रकाशशलाका चाकाच्या दाताने अडवली जाईल व ती निरीक्षकापर्यंत पोचणार नाही. दुसऱ्या दातांच्या फटीतून पलीकडे जाणाऱ्या प्रकाशशलाकेच्या बाबतीतही हीच गोष्ट घडून येईल व तीही आरशावरून परावृत्त झाल्यानंतर निरीक्षकापर्यंत पोचणार नाही. त्यामुळे सर्व प्रकाशशलाका पूर्णपणे अडवल्या आहेत असे निरीक्षकाला वाटेल. चाक फिरण्याचा वेग बरोबर दुप्पट केल्यास, प्रकाशशलाका पुन्हा पहिल्यासारखी दाताच्या फटीतून निरीक्षकाकडे परत येईल व प्रकाशशलाका कोठेही अडवलेली नाही असे निरीक्षकास वाटेल. चाकाच्या दातांची संख्या (७२०) व प्रकाशशलाकेने अेकंदर प्रवास केलेले अंतर यावरुन प्रकाशाचा वेग काढता येतो. फिझ्यॉने केलेल्या प्रयोगाप्रमाणे हा वेग दर सेकंदास ३१५००० किलोमीटर येतो. फिझ्यॉच्याच पद्धतीत थोडी सुधारणा करुन मेरी आल्फ्रेड कोर्नुने, १८७२ ते १८७६ या चार वर्षांत प्रकाशाचा वेग मोजण्याचे प्रयोग केले. त्याने केलेल्या प्रयोगाप्रमाणे हा वेग दर सेकंदास ३००४०० किलोमीटर येतो.

१८६२ मध्ये फिरत्या आरशांची पद्धत वापरुन, जिआं फोकॉल्टने प्रकाशाचा वेग मोजला. या पद्धतीत, प्रकाशशलाका अेका साध्या सपाट आरशांवर पडते. तेथून परावृत्त होऊन अंतर्गोल आरशावर पडते. तेथून परावृत्त होऊन सपाट आरशारव व तेथून परावृत्त होऊन, जेथन प्रकाशशलाका निघाली त्या मूळस्थाना-पर्यंत परतते. तेथे पोचल्यावर तेथे ४५° अंशाचा कोन करुन ठेवलेल्या सपाट आरशाने ती परावृत्त होते व ज्या मूळ दिशेला ही प्रकाशशलाका जात असते, तिच्याशी काटकोन करणाऱ्या दिशेत ती निरीक्षकाला दिसते. सपाट आरशापासून निघून अंतर्गोल आरशावरुन परावृत्त होऊन सपाट आरशापर्यंत परतण्याला जितका वेळ लागतो, त्या वेळाच्या आत जर तो आरसा हलवला, तर ती प्रकाशशलाका मूळ स्थानापासून किंचित हललेली आहे असे निरीक्षकाला दिसेल. आरशा-आरशातील अंतरे, सपाट आरसा फिरविण्याचा वेग आणि प्रकाशशलाका मूळस्थानापासून हलल्याचे प्रमाण किंवा अंतर यावरुन प्रकाशाच्या वेगाचे गणित मांडता येते. फोकॉल्टच्या प्रयोगामध्ये दोन आरशातील अंतर चार मीटर होते आणि प्रकाशशलाका मूळ स्थानापासून ०.७ मिलीमीटर बाजूला हलली होती. फोकॉल्टच्या मापनाप्रमाणे गणित मांडल्यास प्रकाशाचा वेग दर सेकंदाला २९८६०० किलोमीटर येतो.

फोकॉल्टची पद्धत ज्या तत्त्वावर किंवा तात्त्विक भूमिकेवर आधारली आहे ती भूमिका मान्य करुन व स्वीकारुन, मायकेलसनने फोकॉल्टच्या पद्धतीत सुधारणा केली. आरशातील अंतर चार मीटर अैवजी सहाशे मीटर केले. त्यामुळे प्रकाशशलाकेचे प्रतिबिंब ०.७ मिलीमीटर अैवजी १३३ मिलीमीटर बाजूला हलण्याची शक्यता निर्माण झाली. १८७९ मध्ये केलेल्या प्रयोगात प्रकाशाचा वेग दर सेकंदास २९९९०० किलोमीटर मिळाला. तर १८८२ साली केलेल्या प्रयोगात तो दर सेकंदास २९९८५० किलोमीटर असल्याचे दिसून आले. १९२६ मध्ये पुन्हा सुधारणा करुन, मायकेलसनने दोन आरशातील अंतर बावीस मैल ठेवले. एक आरसा माउंट विल्सनवर होता व दुसरा कॅलिफोर्निया संस्थानातील माउंट सान अॅन्टोनिओवर होता. १९२६ साली मायकेलसनने केलेल्या प्रयोगात प्रकाशाचा वेग निर्वातात दर सेकंदास २९९७९६ किलोमीटर असतो असे उत्तर आले. त्यानंतर प्रकाशाचा वेग ठरविण्यासाठी इतरानीही बरेच प्रयोग केले आहेत. या सर्व प्रयोगाचे सार जवळ जवळ अेकच निघते. प्रकाशाचा वेग निर्वातात दर सेकंदास २९९७७६ किलोमीटर (१८६२८१ मैल) आहे असे सध्या मान्य झाले आहे. १९५० मध्ये इंग्लंडच्या नॅशनल फिझिकल लॅबोरेटरीने प्रकाशाच्या वेगाचे

पुन्हा मापन केले. तेव्हा प्रकाशाचा वेग निर्वातात दर सेकंदाला २९९७९२.५ किलोमीटर असतो असे उत्तर आले.

१८८० सालच्या हिवाळ्यात युरोपमध्ये असताना, पृथ्वीचा अवकाशातील किंवा ईथरमधील वेग मोजण्यासाठी त्याने अेका पद्धतीची योजना आखली. ही पद्धत मुख्यत्वे करुन पुढील विचारावर आधारली होती. अवकाश किंवा ईथर स्थिर असून पृथ्वी त्यातून पुढे जात असल्यास पृथ्वीपासूनच्या दोन ठराविक ठिकाणातील अंतर काटण्यास प्रकाशशलाकेस भिन्न भिन्न वेळ लागावा, पृथ्वी ज्या दिशेने पुढे जात आहे त्याच दिशेने प्रकाशशलाका जात असल्यास,दोन ठराविक ठिकाणामध्ये जाण्यासाठी लागणारा वेळ व पृथ्वी ज्या दिशेने पुढे जात आहे त्या दिशेशी काटकोन करणाऱ्या दिशेने प्रकाशशलाका जात असल्यास, त्याच दोन ठिकाणामध्ये जाण्यासाठी लागणारा वेळ यात फरक असला पाहिजे. असा फरक असल्यास व तो मोजता आल्यास, त्यावरुन पृथ्वीचा अवकाशात किंवा ईथरमध्ये काय वेग आहे हे काढता येईल. यासाठी वापरायची उपकरणसामुग्री अत्यंत अचूक पाहिजे. अशा प्रकारच्या उपकरण सामुग्रीची उभारणी व मांडणी करण्यात, मायकेलसन तरबेज असल्याने, योग्य ती उपकरणसामुग्री सज्ज करुन, पृथ्वीचा अवकाशातील वेग मोजण्याचा प्रयोग त्याने बर्लिनच्या फिझिकल इन्स्टिटयूटमध्ये केला. त्यानंतर तोच प्रयोग त्याने पॉट्सडॅमच्या फिझिकल ऑब्झरव्हेटरीमध्ये केला. पण पृथ्वी व अवकाश यांच्या वेगात फरक नाही असे त्या प्रयोगांचे सार निघाले.

प्रयोगात कोणच्याही प्रकारची चूक राहू नये याबद्दल सर्व प्रकारची काळजी घेऊन, १८८७ मध्ये त्याने अमेरिकेतील केस स्कूल ऑफ अॅप्लाइड सायन्स या संस्थेत तोच प्रयोग पुन्हा केला. या प्रयोगात त्याला वेस्टर्न रिझर्व युनिव्हर्सिटीमधील रसायनशास्त्राचा प्राध्यापक इ. डब्लु. मोर्ले याचे सहकार्य लाभले होते. नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर दिलेल्या व्याख्यानात मायकेलसनने जी पद्धत वर्णन करुन सांगितली, तीच पद्धत पण जरा जास्त सोपी करुन, मायकेलसन व मोर्ले यानी या प्रयोगात वापरली. हा प्रयोग पार पाडण्यासाठी प्रो. मोर्लेने मायकेलसनबरोबर सहकार्य केले असल्याने हा प्रयोग मायकेलसन–मोर्ले प्रयोग या नावाने ओळखतात. हा प्रयोग खाली दिलेल्या आकृतीच्या सहाय्याने थोडक्यात समजावून देण्याचा इथे प्रयत्न केला आहे. (आकृता ३ पहा)

S या उत्पत्तीस्थानापासून निघालेली एक वर्णीय प्रकाशशलाका, ती जाण्याच्या मार्गाशी ४५° अंशाचा कोन करणाऱ्या काचेवर पडते. या काचेच्या पाठच्या पृष्ठभागावर चांदीचा अत्यंत पातळ लेप दिलेला असतो. काचेवर प्रकाश शलाका पडल्यावर, तिच्या काही भागाचे परावर्तन होते व काही भाग काचेतून पुढे जाऊन g या आरशावर पडतो. परावर्तन झालेल्या प्रकाशशलाकेचा मार्ग व g या आरशाकडे जाणाऱ्या प्रकाशशलाकेचा मार्ग यात बरोबर ९०° अंशाचा कोन असतो. सर्वप्रकारे e या काचेसारखी असणारी पण पाठच्या पृष्ठभागाला चांदीचा लेप न लावलेली d ही काच, e या काचेच्या व g या आरशाच्या मध्ये ठेवतात. d या काचेमुळे दोन्ही प्रकाशशलाकांचे मार्ग अगदी समसमान होतात, e काचेच्या पाठच्या पृष्ठभागापर्यंत जाऊन तेथून प्रकाशशलाकेचे परावर्तन होत असल्याने, त्या प्रकाशशलाकेला त्या काचेच्या जाडीइतका अधिक मार्ग आक्रमावा लागतो. प्रकाशशलाकेच्या दोन्ही मार्गात अेवढासुद्धा फरक राहु नये, यासाठी d या काचेची योजना केली आहे. दोन्ही प्रकाशशलाकांचे आरशावर परावर्तन होऊन, त्या आलेल्या मार्गाने परततात आणि पाठच्या पृष्ठभागाला चांदीचा पातळ थर दिलेला असतो तेथे अेकाच वेळी व अेकदम पोचतात. तेथे प्रकाशशलाकांच्या लहरी अेकमेकानुरुप असतात. (म्हणजे त्यांच्या कंपनांची कला एकच असते) किंवा अेकमेकाविरुद्ध असतात. (म्हणजे त्यांच्या कंपनांच्या कला अेकमेकाविरुद्ध असतात) प्रकाशशलाकांच्या लहरी अेकमेकानुरूप नसल्यास प्रकाशाच्या अैवजी अंधार दिसतो म्हणजे प्रकाशशलाका अेकाचवेळी अेकाचस्थानी आल्यामुळे त्यांच्या अेकमेकांच्या अनुरूपतेमुळे व विरुद्धरूपतेमुळे अेका पाठोपाठ एक काळे पांढरे पट्टे किंवा इंटरफेरन्स फ्रिंजेस मिळतात. दोन आरशापैकी अेकादा आरसा जरासा हलवल्यास, प्रकाशशलाकांच्या मार्गाची लांबी पहिल्यासारखी राहात नाही व त्यामुळे इंटरफेरन्स फ्रिंजेस मूळ स्थानावरुन बाजूला खिचतात. अवकाशातून किंवा ईथरमधून पृथ्वी मार्ग क्रमीत जाण्याचा वेग काढण्यासाठी ही सर्व यंत्रणा पाऱ्यावर तरंगती ठेवून सावकाश गोल फिरवली होती. त्यामुळे दोन प्रकाशशलाकामधील कोन आणि पृथ्वीच्या मार्गाची दिशा सारखी बदलती राहिली.

स्थिर ईथरमधून पृथ्वी मार्ग आक्रमत असली किंवा पृथ्वी स्थिर असून, ईथर पृथ्वीवरुन विरुद्ध दिशेला जात असेल व पृथ्वीचा वेग व ईथरचा वेग समान असेल तर त्या दोहोमध्ये काही फरक असल्याचे दिसून येत नाही. प्राथमिक गतिकशास्त्राच्या पाठ्य पुस्तकात पुढील प्रकारचे गणित पुष्कळदा सोडवून दाखवलेले असते. पोहणारा मनुष्य नदीच्या प्रवाहाच्या दिशेने पोहत जाऊन, अेका विशिष्ट

ठिकाणापर्यंत पोचल्यावर नदीच्या प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेने पोहत पोहत मूळ ठिकाणापर्यंत येतो. दुसरा मनुष्य नदीच्या अेका तीरावरुन दुसऱ्या तीरावर जाऊन तेथून पोहत परत मूळ स्थानावर येतो. दोन्ही प्रसंगी पोहून जाण्याचे व येण्याचे अंतर तेच असल्यास, प्रवाहाप्रमाणे व प्रवाहाविरुद्ध पोहणाऱ्या माणसास दुसऱ्या माणसापेक्षा जास्त वेळ लागतो, नदीच्या प्रवाहाच्या दिशेने व प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेने पोहणाऱ्या माणसांच्या बाबतीत ज्या प्रकारे विचार केला जातो, त्याच प्रकारे स्थिर पृथ्वीवरुन ईथर वाहात असता, दोन ठराविक ठिकाणामध्ये जाण्या–येण्याचा प्रवास करणाऱ्या प्रकाशशलाकेचा विचार केला पाहिजे. ईथर ज्या दिशेने वाहात आहे त्या दिशेशी काटकोन करणाऱ्या दिशेत प्रकाशशलाकेचा जाण्या–येण्याचा मार्ग असेल, तर नदीच्या अेका तीरावरुन पलीकडच्या तीरावर पोहत जाऊन, तेथून मूळ ठिकाणी पोहत येणाऱ्या माणसाच्या बाबतीत ज्याप्रकारे विचार होतो, त्याचप्रकारे प्रकाशशलाकेच्या बाबतीत विचार केला पाहिजे. प्रकाशशलाका ईथरच्या प्रवाहाप्रमाणे व प्रवाहाविरुद्ध जात येत असेल तर तो मार्ग प्रकाशशलाका ईथरप्रवाहाला काटकोनात असलेल्या दिशेने जात येत असता क्रमण कराव्या लागलेल्या मार्गाहून जरा जास्त लांब असतो. म्हणून माय–केलसन मोर्ले यानी आखणी केल्याप्रमाणे प्रयोग केल्यास, इटरफेरन्स फ्रिंजेस मूळ स्थानापासून बाजूला खिचतात किंवा हलतात असे दिसायला पाहिजे. प्रत्यक्ष प्रयोग करून पाहाता, इंटरफेरन्स फ्रिंजेस मूळस्थानापासून खिचल्याचे किंवा बाजूस हलल्याचे मुळीसुद्धा दिसून आले नाही. म्हणजे पृथ्वी व ईथर यांच्या वेगात काही फरक नाही असे मायकेलसन–मोर्ले यांच्या प्रयोगाने ठरते.

यानंतर वेगवेगळचा पद्धती वापरून, ईथर व पृथ्वी यांच्या वेगात काही फरक आहे की नाही हे शोधण्याचे प्रयत्न झाले. त्या सर्व प्रयत्नांचे सार अेकच आहे. पृथ्वी व ईथर यांच्या वेगात काहीही फरक नाही.

पृथ्वीचा ईथर मधील किंवा अवकाशातील वेग ठरविण्याच्या मायकेलसन-च्या या प्रयत्नातून अेक फायदा झाला. अत्यंत अचूक इंटरफेरॉमीटर तयार करण्या-साठी मायकेलसनने आपला अनुभव वापरला. आता यानंतर आपल्या प्रयोगाची माहिती, पारितोषिक वितरण समारंभानंतर मायकेलसनने दिलेल्या व्याख्यानात आली आहे त्या व्याख्यानाकडे वळू. त्या व्याख्यानातील संबंधित भागाचाच अनु–वाद येथे दिला आहे. त्या व्याख्यानात मायकेलसन म्हणतो–

" आकाशस्थ गोलाविषयीचे गुरुत्वाकर्षणाचे नियम शोधून काढल्याने, न्यूटनचे नांव सर्वतोमुखी झाले व अेक थोर शास्त्रज्ञ म्हणून त्याची कीर्ती झाली.

हे नियम शोधून काढण्याइतकेच महत्त्वाचे कार्य न्यूटनने प्रकाशपटाविषयी केले आहे. प्रकाशपटाचा उपयोग करुन, आकाशस्थ ताऱ्यांची भौतिकी व रासायनिक घडण, त्याचे आकाशातील स्थान व गती शोधून काढण्याविषयी त्याने केलेले कार्यही फार महत्त्वाचे आहे. टेलिस्कोपची किंवा दूरदर्शकाची शक्ती वाढवल्यास आकाशस्थ ताऱ्यांची संख्या व त्यांची गुंतागुंतीची स्थाने समजून येण्याची शक्यता वाढते, त्याप्रमाणे वस्तुमात्रांची रेण्विक मांडणी समजून येण्याची शक्यता प्रकाशपटाच्या शक्तीच्या प्रमाणात वाढते. सूर्यप्रकाश सात रंगांचा मिळून झालेला असतो. हे शोधून काढण्याचा न्यूटनचा प्रयोग जरा वेगळ्या प्रकारे करण्यात आला असता, तर प्रकाशपटशास्त्राची न्यूटनच्या त्या प्रयोगाच्या वेळीच स्थापना झाली असती.

सूर्यप्रकाश त्रिपार्श्वकाचेवर पडण्यापूर्वी तो ज्या फटीतून खोलीत घेतला होता, ती फट शक्य तितकी अरुंद केली असती तर सूर्यप्रकाशाचे सप्तरंगात विभाजन झाले असते व त्या प्रकाशात ज्याना आपण सध्या फ्रॉनहॉफर रेषा म्हणतो तशा कृष्णवर्णी रेषा आहेत हे त्यावेळीच समजून आले असते. अत्यंत अरुंद फटीतून आलेला प्रकाश त्रिपार्श्वकाचेवर पडू दिल्यास, मिळणाऱ्या प्रकाशपटात फ्रॉनहॉफर रेषा चटकन दिसू लागतात. फ्रॉनहॉफरने त्रिपार्श्वकाच व प्रकाश येण्यासाठी असणारी अरुंद फट यांच्या जोडीला टेलिस्कोप किंवा दूरदर्शक वापरुन प्रकाशपट जास्त स्पष्ट मिळवण्याची पद्धत बसवली. प्रकाशपट जास्त स्पष्ट झाल्याने, त्यात काही कृष्णवर्णी रेषा आहेत असे फ्रॉनहॉफरला दिसून आले. प्रकाशपटाचे इतके साधे वर्णन देण्यात, इतर बारीक सारीक गोष्टींचा मुद्दाम उल्लेख केलेला नाही. जवळ जवळ दिसणारे दोन तारे परस्परापासून स्पष्टपणे विलग दाखविण्यावर जशी दूरदर्शकाची शक्ती मोजतात. त्याप्रमाणे प्रकाशपटात जवळ जवळ दिसणाऱ्या रेषा परस्परापासून अगदी स्पष्टपणे विलग करण्यावर प्रकाशपट यंत्रणेची शक्ती मोजतात. प्रकाशपटांची शक्ती वाढविण्याच्या कामात किती प्रगती झाली आहे हे पाहाण्यासाठी आपण सूर्याचा प्रकाशपट विचार घेऊ.

प्रकाशपटातील फ्रॉनहॉफर रेषा A ते फ्रॉनहॉफर रेषा H या मधला भाग आपल्याला डोळ्यानी दिसतो. पण प्रकाशपटाचा फोटोग्राफ घेतल्यास, फ्रॉनहॉफर

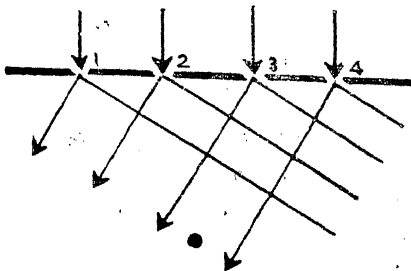
रेषा नीलातीत भागातही असल्याचे समजते. प्रकाशपटाच्या जोडीला बोलोमीटर वापरल्यास अवरक्त भागातही रेषा असल्याचे समजते. प्रकाशपटाच्या पीत भागात D या अक्षराने ओळखली जाणारी अेक रेषा असते. सोडीयम क्षार अल्कोहोलच्या ज्वालेत धरल्यावर मिळणाऱ्या उज्वल पिवळ्या रेषेशी ती बरोबर जुळते. साधारण शक्तिमान त्रिपार्श्वकाच वापरल्यास D ही अेकच नसून, अगदी जवळ जवळ असलेल्या दोन रेषा त्या जागी आहेत असे दाखवता येते. त्रिपार्श्वकाचेची व पर्यायाने प्रकाशपट यंत्रणेची शक्ती वाढवल्यास, त्या दोन रेषामधील अंतर वाढते. सोडीयमच्या या दोन रेषातील अंतर किती वाढते यावर प्रकाशपट यंत्रणेची शक्ती अजमावता येते. वस्तुंचा आकार मोठा दाखवणाऱ्या भिंगातून या रेषाकडे पाहिल्यास, त्यातील अंतर वाढल्यासारखे दिसेल. पण तशा दिसण्याला फारसा अर्थ नाही, कारण रेषामधील अंतर वाढेल त्याचप्रमाणात रेषांची रुंदीही वाढेल. त्रिपार्श्वकाच ज्या काचेपासून तयार करावी त्या काचेच्या गुणधर्मावर, त्रिपार्श्व काचेच्या आकाराबर व प्रकाशपट काढण्यासाठी वापरलेल्या त्रिपार्श्वकाचांच्या संख्येवर प्रकाशपट यंत्रणेची, प्रकाशपटातील फार जवळ असणाऱ्या रेषा परस्परापासून स्पष्टपणे विलग करण्याची व त्या रेषामधील अंतर वाढविण्याची शक्ती अवलंबून असते. प्रकाशपट यंत्रणा नीट चांगल्या प्रकारची असली तर सोडीयमच्या D_1 व D_2 या रेषातील अतर, साध्या प्रकाशपटात असते त्याच्या चाळीस पट पर्यन्त वाढवता येते. सोडीयमच्या अगदी जवळ जवळ असलेल्या दोन रेषा परस्परापासून स्पष्टपणे विलग करण्यासाठी प्रकाशपटयंत्रणेची शक्ती अेक हजार अेकक आहे असे म्हटल्यास, चाळीस हजार अेककापर्यन्त प्रकाशपटयंत्रणेची शक्ती वाढवता येते.

सर्वसाधारण परिस्थितीमध्ये प्रकाशपट यंत्रणेला चाळीस हजार अेकक विलगकारी शक्ती असू शकते. केवळ तात्त्विक दृष्टया विचार केल्यास प्रकाशपट यत्रणेची विलगणारी शक्ती पाहिजे तितकी वाढवता येणे शक्य झाले पाहिजे. फक्त ही विलगकारी शक्ती वाढविण्यासाठी अवश्य म्हणून सांगितलेल्या गोष्टींनी, त्या शक्तीवर जे काय बंधन पडेल ते पडेल. प्रत्यक्षामध्ये प्रकाशपट यंत्रणेची विलगकारी शक्ती पाहिजे तितकी वाढवता येणे शक्य झालेले नाही.

१८२१ मध्ये, प्रकाशाचे निरनिराळ्या प्रकाशलहरीमध्ये पृथक्करण करण्यासाठी फ्रॉनहॉफरने अेक वेगळीच क्लृप्ती शोधून काढली. फ्रॉनहॉफरच्या या नवीन

क्लृप्तीमुळे प्रकाशाचे पृथक्करण करण्यासाठी कोणीही हल्ली त्रिपार्श्वकाचेचा वापर करीत नाहीत. फ्रॉनहॉफरची ही नवीन क्लृप्ती म्हणजे डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग. अत्यंत सूक्ष्म सरळ रेषाकार तारा अेकमेकाशी समांतर ठेवून फ्रॉनहॉफरने त्याची पहिली डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग तयार केली होती. त्यानंतर काचपट्टीवर सुवर्णवर्ख ठेवून तीवर समांतर रेषा आखून व अेक सोडून अेक सुवर्णवर्खाच्या पट्ट्या काढून त्याने डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग बनवल्या. आता हिरकणीने काचपट्टीवर समांतर बारीक रेषा आखून डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग तयार करतात.

ग्रेटिंगवर पडणाऱ्या प्रकाशाच्या घटक प्रकाशलहरींवर, त्या प्रकाशाचे ग्रेटिंगकडून होणारे पृथक्करण अवलंबून असते.

खालील आकृतीत डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंगचा आडवा छेद किती तरी पट मोठा करुन दाखवला आहे.

आकृती – २ डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग

या ग्रेटिंगवर पडणारा प्रकाश, ग्रेटिंगच्या पातळीशी काटकोन करणाऱ्या बाणानी दाखवला आहे. प्रकाशलहरी मधल्या सूक्ष्म छिद्रातून पलीकडे जातील व पहिल्यासारख्या प्रकाशलहरी म्हणून पुढे जातील. (काचपट्टीवर मारलेली रेषा ग्रेटिंगच्या आडव्या छेदात सूक्ष्म छिद्राच्या रुपाने दिसेल.) टेलिस्कोपमधून किंवा दूरदर्शकामधून त्या जाऊ देऊन, किरणकेन्द्रस्थानी अेकत्र आणल्यास, प्रकाश ज्या सूक्ष्म फटीतून बाहेर पडून ग्रेटिंगवर पडलेला असतो त्या सूक्ष्म फटीचे प्रतिबिंब आपल्याला मिळेल. काचेमधून जाण्यात प्रकाशाची तीव्रता थोडी कमी झाल्याने ते प्रतिबिंब मूळ प्रकाशाइतके उज्वल असणार नाही. ग्रेटिंगमधल्या निरनिराळ्या सूक्ष्म छिद्रातून बाहेर पडलेल्या प्रकाशलहरी कंपनांच्या अेकाच कलेत असून,

त्यानी अेकमेकांची भरती केल्यास असे प्रतिबिंब दिसेल. असे प्रतिबिंब मिळण्याची दुसरीही अेक शक्यता आहे. व ती सोबतच्या आकृतीत दाखवली आहे. ग्रेटिंगकडे तिरक्या दिशेने ग्रेटिंगच्या पातळीशी कोन करून पाहिले व पाठोपाठ येणाऱ्या प्रकाशलहरीमध्ये अेक किंवा अधिक संपूर्ण लहरींच्या लांबीइतकी घट झाल्यासही जीतून प्रकाश येतो त्या फटीचे प्रतिबिंब मिळेल. असे ज्यावेळी होते त्यावेळी खालील समीकरण वापरता येते.

$$\text{Sin } Q = \frac{ml}{s}$$

या समीकणात l म्हणजे प्रकाशलहरींची लांबी, s म्हणजे ग्रेटिंगमधल्या छिद्रातील अंतर किंवा ग्रेटिंगवरच्या समांतर रेषामधील अंतर व m ही प्रकाश-शलाकेच्या मार्गातील घट झालेल्या लहरींची संख्या (१, २, ३ इत्यादी)

— — — — —

१८६८ मध्ये न्यूयॉर्कमधील रदरफोर्ड या शास्त्रज्ञाने स्पेक्युलम धातुच्या दोन इंच लांबीत वीस हजार समांतर रेषा आखून एक उत्तम प्रकारची डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंग तयार केली. त्यावेळी वापरात असलेल्या उत्तमोत्तम त्रिपार्श्वभाग काचांच्या विलगकारी शक्तीपेक्षा या डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंगची बिलगकारी शक्ती जास्त होती. यानंतर जॉन्स हॉपकिन्स विद्यापीठाच्या रोलंड या शास्त्रज्ञाने सहा इंच लांबीमध्ये एक लाख समांतर रेषा आखून, रदरफोर्डच्या ग्रेटिंगपेक्षा जास्त उत्तम व कार्यक्षम ग्रेटिंग तयार केली. सोडीयमच्या D_1 व D_2 रेषामध्ये जितके अंतर असते, त्याच्या एकशतांश असलेल्या प्रकाशपटातील रेषा परस्परापासून विलग करण्याची शक्ती या रोलंड ग्रेटिंगमध्ये असते. या ग्रेटिंगहून जास्त बिलगकारी शक्ती असलेली ग्रेटिंग माझ्या पाहाण्यात नाही.

— — — — —

सर्वसाधारण परिस्थितीमध्ये प्रकाशाची प्रकाशपटातील निरनिराळ्या रेषामध्ये कशी वाटणी झाली आहे हे ठरविण्यासाठी प्रकाशपटाचे पृथक्करण कर-ण्याची जरूरी व महत्त्व, एकमेकांच्या फार जवळ आल्याने परस्परात गुंतलेल्या प्रकाशपटातील रेषा परस्परापासून विलग करणे, तपमान, दाब व चुंबकीय क्षेत्र यांचा प्रकाशपटातील रेषावर परिणाम अभ्यासणे इत्यादी कारणामुळे आता-पर्यंत वापरल्या गेल्या त्याहून जास्त मोठ्या आकाराच्या ग्रेटिंग तयार करणे भाग

पडते. मी ९ × ४.५ इंच इतक्या आकाराच्या काचपट्टीवर, नऊ इंच लांबीत एक लक्ष दहा हजार समांतर रेषा मारलेल्या आहेत. तात्त्विक दृष्टचा अशा ग्रेटिंगची विलगकारी शक्ती बरीच मोठी आहे व ती तशी असल्याचे प्रयोगावरून दिसून येते.

दूरदर्शकाच्या किरणकेन्द्राच्या ठिकाणी जो काही परिणाम पुष्कळदा झाल्याचे आढळते, तो परिणाम प्रकाशलहरींच्या कला एकमेकास अनुरुप आहेत की एकमेकांच्या विरुद्ध आहेत यावर म्हणजे इंटरफेरन्सवर किंवा परस्पराना अडथळा करणे किंवा मदत करणे यावर अवलंबून असतो. प्रकाशशलाकांच्या बाबतीत इंटर-फेरन्स दिसून येतो किंवा प्रकाशशलाकांच्या लहरी एकमेकाना मदत करतात किंवा एकमेकाला अडथळा करतात, हे प्रथमत: दाखवण्याचे कार्यही न्यूटनने केले आहे. बहिर्गोल भिंग आरशावर ठेवून, त्यांचे सूक्ष्मदर्शकातून निरीक्षण केल्यास, आरशावरुन परावृत्त झालेल्या प्रकाशशलाकांच्या कला एकमेकाशी अनुरुप आहेत किंवा एकमेकांच्या विरुद्ध आहेत, त्याप्रमाणे आलटून पालटून एक केन्द्रिक काळी पांढरी वलये दिसू लागतात. ही काळी पांढरी वलये न्यूटनची वलये या नावाने ओळखतात. न्यूटनची वलये मिळविण्याच्या पद्धतीत थोडा फरक करुन प्रकाशपटातील रेषांचे पृथक्करण किंवा विश्लेषण करता येते. न्यूटनची वलये प्रकाशपटातील रेषांच्या विश्लेषणासाठी वापरण्याची ही पद्धत अप्रत्यक्ष पद्धत असून, फारशी सोईची नाही. तरी देखिल त्या पद्धतीने प्रकाशपटातील रेषांचे विश्लेषण अचूक करता येते.

दोन सपाट पृष्ठभाग परस्परांशी अगदी समांतर व मध्ये फार थोडे अंतर ठेवून ठेवले आणि सोडीयम-प्रकाश त्या पृष्ठभागाशी काटकोनात पडू दिला तर त्या दोन्ही पृष्ठभागावरून परावृत्त होणाऱ्या प्रकाशलहरी परस्परामध्ये अडथळा निर्माण करतात आणि त्यामुळे आलटून पालटून काळी व पांढरी एककेन्द्रकीय वलये दिसू लागतात. अर्थात दोन्ही पृष्ठभागावरून परावृत्त होणाऱ्या प्रकाशलहरी परस्परामध्ये किती अडथळा निर्माण करतात यावर हे अवलंबून राहाते.

प्रयोगासाठी सपाट पृष्ठभागातील अंतर कमी जास्त केल्यास अेक केन्द्र-कीय वलयांचे केन्द्र कधी काळे तर कधी पांढरे दिसते. वलय-केन्द्राच्या रंगात अेकदा काळा व अेकदा पांढरा अशा होणाऱ्या बदलांची संख्या, पृष्ठभागामधील अंतराच्या वाढीच्या दुप्पट लांबीमध्ये असणाऱ्या प्रकाशलहरींच्या संख्येइतकी

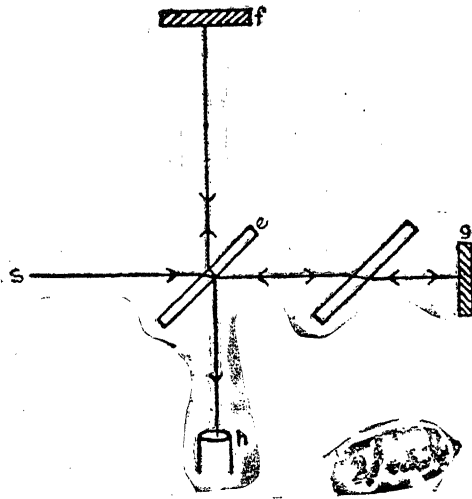
असते. म्हणून अेकलहरी प्रकाशाच्या लहरीची लांबी, वलयकेन्द्राचा रंग पृष्ठ-भागामधील अंतर वाढवत गेल्यावर कांही ठराविक लांबीच्या वाढीत किती वेळा बदलतो यावरुन ठरविता येते. प्रकाशलहरींच्या लांबीचे अशा प्रकारचे मापन प्रकाशपटाविषयीच्या संशोधनात महत्त्वाचे आहे.

प्रकाशलहरींच्या लांबीच्या अशा प्रकारच्या मापनाचा उपयोग, मानवाने प्रमाण धरलेल्या लांबी अैवजी म्हणजे मीटर अैवजी नैसर्गिक प्रमाण लांबी ठरविण्यासाठी झाला आहे. या नैसर्गिक प्रमाण लांबीत कधीही फरक पडणे शक्य नाही.

— — — —

प्रमाण लांबी ठरविण्यासाठी प्रकाशलहरींचा उपयोग करता येतो हे पाहिल्यावर, जास्तीत जास्त अेकविध प्रकाश शोधण्याचा प्रयत्न झाला. साधारण-पणे अेकविध वाटणाऱ्या प्रकाशात प्रकाश लहरींची वाटणी कशी झाली आहे हे उत्तमातल्या उत्तम प्रकाशपटाने अचूक सांगता येत नाही. प्रकाशातील निर-निराळ्या प्रकाशलहरींची वाटणी कशी झाली आहे हे शोधण्यासाठी इंटरफेरन्स किंवा प्रकाशलहरींचा परस्परास अडथळा ही पद्धत वापरता येते. ती पद्धत कशी वापरायची हे विशद करण्यासाठी सोडीयम बाष्पापासून मिळणाऱ्या प्रकाशातल्या दोन पिवळ्या रेषा मी उदाहरणादाखल घेणार आहे. सोडीयमच्या या दोन रेषांच्या लहरींच्या लांबीतील फरक साधारणपणे हजार भागात अेक भाग अेवढा आहे. दोन्ही रेषांच्या पाचशे लहरीच्या लांबीमध्ये फक्त ०.३६ मिलीमीटरचा फरक आहे. पाचशे लहरींच्या लांबी इतक्या प्रकाशशलाकांची लांबी असल्यास एका प्रकाशशलाकेचा उज्वल सीमा भाग (fringe) दुसऱ्या प्रकाशशलाकेच्या कृष्ण सीमा भागावर येईल व दोन्ही प्रकाशशलाका मुळात सारख्याच उज्वल असल्यास, प्रकाशशलाकांचा परस्परास अडथळा किंवा inference झाल्याचे दिसणार नाही. या प्रयोगात प्रकाशशलाकांच्या मार्गांची जितकी लांबी आहे, त्याच्या दुप्पट लांबी असल्यास, दोन्ही प्रकाशशलाका एकविध असल्यास स्पष्टपणे वेगवेगळ्या दिसतील, आणि हाच प्रकार पुढील अंतरासाठी चालू राहील-म्हणजे प्रकाशशलाका जास्त जास्त वेगळ्या किंवा अलग दिसू लागतील. पण तसे प्रकाशशलाकांचे स्वरुप नसल्यास, प्रकाशशलाकांची लांबी वाढवित गेल्यास, प्रकाशरेषा जास्तीत जास्त अस्पष्ट व कमी उज्वल होत जायला पाहिजेत. प्रत्यक्ष प्रयोग करुन पाहाता मी

वर्णन केल्यासारखा प्रकार दिसला म्हणजे प्रकाशशलाकांची लांबी वाढवित गेल्यास, प्रकाशरेषा अस्पष्ट व कमी उज्वल दिसू लागल्या, तर त्याचा अर्थ दोन स्वतंत्र व वेगवेगळ्या प्रकाशशलाका वापरल्या गेल्या आहेत. शिवाय जास्तीत जास्त स्पष्ट रेषा मिळण्याच्या स्थानाच्या अतरावरुन प्रकाशशलाकेतील घटक प्रकाशलहरींच्या लांबीचे परस्परप्रमाण काढता येते. प्रकाशशलाका जास्तीत जास्त स्पष्ट व कमीतकमी स्पष्ट मिळण्याच्या स्थानांच्या अंतरांच्या परस्परप्रमाणा-वरुन प्रकाशशलाकेतील घटक प्रकाशलहरींच्या तीव्रतांचे परस्परप्रमाण काढता येते. आणि सरतेशेवटी अंतर फार वाढल्यानंतर जेव्हा प्रकाशरेषा जास्त अस्पष्ट होऊ लागतात, त्या अतरावरून प्रकाशपटातील सबंधित रेषा परस्परापासून किती दूर आहेत हे समजते.

अशा रीतीने प्रयोग करुन पाहाता, प्रकाशपटात दिसणारी हायड्रोजनची लाल रेषा अेक रेषा नसून, दोन रेषा एकमेकींच्या अगदी जवळ असल्याने, अेक रेषा आहे असे वाटते हे समजून आले. प्रकाशपटात सोडीयमच्या दोन रेषात जितके अंतर असते त्याच्या १/४० अंतर हायड्रोजनच्या या दोन रेषामध्ये असते. थॅलीयमच्याही बाबतीत असाच प्रकार आहे. प्रकाशपटात दिसणारी थॅलीयमची प्रखर हिरवी रेषा मुळात अेक नसून, दोन हिरव्या रेषा परस्परांच्या अगदी जवळ आल्याने अेक रेषा आहे असे वाटते. प्रकाशपटामध्ये थॅलीयमच्या या दोन हिरव्या रेषामधील अतर, सोडीयमच्या दोन रेषातील अंतराच्या १/६० इतके असते. मर्क्यूरीमुळे किंवा पाऱ्यामुळे प्रकाशपटात अेक प्रखर हिरवी रेषा मिळते. या रेषेचे स्वरुप जरा जास्त जटिल आहे. तरीसुद्धा दोन अगदी जवळ असणाऱ्या हिरव्या रेषा मिळून प्रकाशपटात अेक रेषा दिसते हे सांगायला हरकत नाही. प्रकाशपटात मर्क्युरीच्या या दोन हिरव्या रेषातील अंतर, सोडीयमच्या दोन रेषातील अंतराच्या १/७०० इतके आहे. प्रकाशकिरणांचा मार्ग पाचशे मिली-मीटर इतका किंवा जवळ जवळ दहा लाख प्रकाशलहरींच्या लांबीइतका असल्यास इंटरफेरन्स फ्रिंजेस दिसून येतात. त्यावरुन प्रकाशपटात सोडीयम रेषामध्ये जितके अंतर असते, त्याच्या अेक हजारांशाहून कमी अंतर या रेषामध्ये आहे असा अंदाज निघतो.

आकृती–३ मायकेलसन इंटरफेरॉमीटरचे तत्व

मर्क्युरीच्या रेषाविषयीचा प्रयोग कसा केला हे या सोबतच्या आकृतीत दाखवले आहे. नेहमीची त्रिपार्श्वकाच वापरुन प्रकाशाचे प्राथमिक पृथक्करण करतात. बहुतेक पदार्थांच्या प्रकाशपटात बऱ्याच रेषा मिळत असल्याने अशा तऱ्हेचे प्राथमिक पृथक्करण अवश्य आहे. मर्क्युरीच्या प्रकाशपटाचे उदाहरण घेतल्यास, त्या प्रकाशपटात दोन पिवळ्या रेषा, अेक उज्वल हिरवी रेषा व अेक कमी उज्वल निळी–जांभळी रेषा मिळते. हा सर्व प्रकाश आगण इंटरफेरॉमीटरमध्ये वापरला तर या चारी रेषा अेकत्र येतील तेव्हा इंटरफेरॉमीटरमध्ये प्रकाशशलाका धाडण्यापूर्वी प्रकाशरेषांचे पृथक्करण करणे अवश्य आहे. तेव्हा मिळवलेला प्रकाश प्रथमतः साध्या प्रकाशमापीतून (स्पेक्ट्रास्कोपमधून) धाडल्यानंतर मिळालेल्या प्रकाशपटातील अेका रेषेशी संबंधित प्रकाश अत्यंत अरुंद फटीतून इंटरफेरॉमीटरमध्ये पाठवण्यात येतो.

दोन प्रकाशशलाकांच्या मार्गातील फरकामधील प्रकाशलहरींच्या संख्येवर इंटरफेरॉमीटरची विलगीकरण शक्ती मोजतात. इंटरफेरॉमीटरची विलगीकरण शक्ती खूप मोठी असल्याने, प्रकाशपटातील रेषांच्या स्वरुपाचे शोधन व मापन

करण्याचे तो अेक उत्तम साधन आहे. इंटरफेरॉमीटर वापरण्यात अेक अडचण अशी आहे की रेषांच्या अेका समुहाचे परीक्षण करायचे म्हटले तरी त्याला बराच वेळ लागतो, आणि तेवढया वेळात प्रकाशाच्या मूळ स्वरुपातच फरक होण्याचा संभव आहे. असे असले तरी प्रकाशावर होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राच्या परिणामाविषयी झीमानने केलेले संशोधन इंटरफेरॉमीटरच्या सहाय्याने तपासून पाहाता आले. इंटरफेरॉमीटर वापरुन झीमानच्या संशोधनाचे निष्कर्ष इतर पद्धतीनीही तपासल्यानंतर त्या निष्कर्षांचे निश्चितीकरण शक्य झाले आहे.

क्लार्क विद्यापीठात दोन वर्षे भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक असताना, इंटरफेरॉमीटर आणखी काही वेगळ्या संशोधनासाठी वापरता येईल का हे पाहण्याचा मायकेलसनने प्रयत्न केला. १८९१ मध्ये इंटरफेरॉमीटरच्या सहाय्याने त्याने गुरुच्या उपग्रहांचे कोनीय व्यास मोजले. हे काम त्याने लिक वेधशाळेच्या सहकार्याने केले. प्रमाण मीटरची लांबी काही विशिष्ट प्रकाश लहरींच्या अेकतात मोजण्याचे त्याचे प्रयत्नही याच काळात चालू होते. आपल्या व्याख्यानात त्याने या गोष्टीचा थोडासा निर्देश केला आहे. बऱ्याचशा प्रकाशलहरींचा पद्धतशीर अभ्यास केल्यानंतर, अशा प्रकारच्या मापनासाठी कॅड्मियम बाष्पातून मिळणारा रक्तवर्णी प्रकाश, पाहिजे तितका अेकविध असल्याचे त्यास आढळले, त्यानंतर पॅरिस जवळील सेव्हरेस गावातील ब्युरो इंटर नॅशनल डेस् पॉइड्स अेट् मेजर्स (वजन व मापे यांची अचूकता तपासणारी आंतरराष्ट्रीय संस्था) या संस्थेने कॅड्मियम प्रकाशलहरींच्या अेककात प्रमाण मीटरची लांबी ठरविण्याची त्यास विनंती केली. हे काम त्याने १८९३ मध्ये यशस्वीरीत्या तडीस नेले. अेका प्रमाण मीटरमध्ये रक्तवर्णी कॅड्मियम प्रकाशाच्या १५५३३९३ प्रकाशलहरी असे त्याने ठरविले. मायकेलसनच्या या निष्कर्षाचे इतर शास्त्रज्ञानी नंतर निश्चितीकरण केले. यानंतरचे त्याचे संशोधन आकाशस्थ ताऱ्यासंबंधीचे किंवा ज्योतिषशास्त्र विषयक होते. १९२० मध्ये माउंट विल्सन येथे उभारलेल्या वेधशाळेच्या सहाय्याने त्याने काही ताऱ्यांचे कोनीय व्यास मोजले.

झीमानने केलेल्या संशोधनात मायकेलसनला विशेष रस होता. झीमान परिणामाचा इंटरफेरॉमीटरने अभ्यास केल्यानंतर त्याने अेक वेगळ्या प्रकारचा स्पेक्ट्रॉस्कोप तयार केला. त्याला अेचेलॉन ग्रेटिंग असे म्हणतात. जाड काचेचे तुकडे, अेकावर अेक जिना चढत जातो त्याप्रमाणे चिकटवून त्याने हा अेचेलॉन ग्रेटिंग १९०७ साली तयार केला. त्याकाळी वापरात असलेल्या कोणत्याही डिफ्रॅक्शन ग्रेटिंगपेक्षा या ग्रेटिंगची विलगकारी शक्ती जास्त होती.

संशोधनाचे परिणाम

प्रकाशविज्ञानाविषयी संशोधन करणाराना मायकेलसनने दोन उत्तम उपकरणे उपलब्ध करुन दिली. अेक इंटरफेरॉमीटर व दुसरे अेचेलॉन ग्रेटिंग. याही पेक्षा त्याचे दुसरे महत्वाचे कार्य म्हणजे प्रकाश व सर्व प्रकारच्या विद्युत चुंबकीय लहरी जाण्यासाठी माध्यमाची जरुर आहे हे सिद्ध करणे. ईथरमधून पृथ्वी मार्ग क्रमीत असता, पृथ्वीचा वेग मोजण्याचा मायकेलसन व मोर्ले यांचा प्रयोग फसला. तो प्रयोग का फसला याचे कारण शोधण्याच्या प्रयत्नात आइन स्टाइनने सापेक्षता वादाचा सिद्धांत मांडला.

१९०८

गॅब्रियल लिपमन

(१८४५–१९२१)

"रंगीत फोटोग्राफ घेण्याची पद्धत शोधून काढल्याबद्दल नोबेल पारितोषिक"

चरित्र

जर्मनीच्या लक्सेमबर्ग प्रांतातील हॉलरिच गावी, १६ ऑगस्ट १८४५ रोजी गॅब्रियल लिपमनचा जन्म झाला. तेराव्या वर्षापर्यंत त्याचे प्राथमिक शिक्षण घरीच झाले. त्याच्या वयाच्या तेराव्या वर्षी त्याचे वडील हॉलेरिचहून पॅरिसमध्ये राहायला आले. त्याचे यानंतरचे शालेय शिक्षण लायसी नेपोलियन या पॅरिसमधील शाळेत झाले. वयाच्या तेविसाव्या वर्षी त्याने इकोल नॉर्मल विद्यालयात शिकायला सुरवात केली.विद्यालयात शिकत असतानाच, जर्मन नियतकालिकात प्रसिद्ध होणाऱ्या शास्त्रीय संशोधन-निबंधाचे फ्रेंच भाषेत सारांश देण्याचे काम त्याने 'अॅनल्स डी केमी अेट् डी फिझिक' या फ्रेंच नियतकालिकासाठी केले. त्यामुळे विजेविषयी जर्मनीत चालू असलेल्या संशोधनाचा त्यास चांगलाच परिचय झाला. जर्मनीस जाऊन, तेथील संशोधनाचा अभ्यास करण्यासाठी नेमलेल्या एका फ्रेंच समितीचा सदस्य या नात्याने, त्याने १८७३ मध्ये जर्मनीची वारी केली. जर्मनीत त्याने तीन निरनिराळ्या प्राध्यापकांच्या मार्गदर्शनाखाली संशोधन केले. हायडेलबर्ग विद्यापीठात शरीरशास्त्रज्ञ कुन्हे, भौतिकीशास्त्रज्ञ किर्चॉफ आणि त्यानंतर बर्लिनमधील

हेल्महोल्ट्झ यांच्या मार्गदर्शनाचा त्याला लाभ झाला. १८८३ मध्ये पॅरिसमधील सायन्स फॅकल्टीमध्ये गणिती भौतिकशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून त्याची नेमणूक झाली. त्यानतर तीन वर्षांनी म्हणजे १८८६ मध्ये तो प्रायोगिक भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक आणि सशोधन विभागाचा प्रमुख झाला. हे काम त्याने १९२१ मध्ये इहलोकचा निरोप घेईपर्यंत निष्ठापूर्वक केले. युनायटेड स्टेट्स व कॅनडा या देशाना भेटी देऊन, मायदेशाला परत येत असता, ३१ जुलै १९२१ रोजी वाटेतच तो मरण पावला.

फ्रेंच अॅकेडमी ऑफ सायन्सेस आणि ब्युरो डेस लाँजिटयूड्स या संस्थांचा तो सभासद होता. १९०८ मध्ये लंडनच्या रॉयल सोसायटीने त्यास 'परदेशी सभासदत्व' बहाल केले.

१८८३ मध्ये त्याने हायडेलबर्ग व बर्लिन येथे केलेल्या संशोधनाची सुरवात अेका साध्या प्रयोगातून झाली. थेंबभर पारा घेऊन त्यावर सौम्य सल्फुरिक अम्ल पसरल्यानंतर, त्याला अेका लोखंडाच्या खिळ्याने स्पर्श केल्यास, पारा आकुंचन पावतो. खिळा दूर केल्यास, पाऱ्याचा आकार पुन्हा पहिल्यासारखा होतो. हायडेलबर्गला कुन्हेच्या प्रयोगशाळेत लिपमनने हा प्रयोग पाहिला. पारा व सल्फ्युरिक अम्ल यामधील वैद्युती परिस्थिती बदलल्याने पाऱ्याचा पृष्ठभागीय ताण वाढतो आणि त्यामुळे पारा आकुंचन पावतो; व हे सर्व घडवून आणण्यात लोखंडाच्या खिळ्याचा काही तरी भाग आहे असे लिपमनने त्या प्रयोगाचे स्पष्टीकरण केले. यानंतर हायडेलबर्गमध्येच किर्चॉफच्या प्रयोगशाळेत त्याने या प्रयोगाचा नीट पद्धतशीर अभ्यास केला. या अभ्यासातून त्याने १८७३ मध्ये अेक संशोधन निबंध तयार केला. या निबंधात त्याने कॅपिलरी इलेक्ट्रोमीटर (सूक्ष्मनलिका विद्युतमापी) या उपकरणाच्या रचनेची माहिती दिली आहे. अिलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्समधील (विद्युत गामकामधील) सूक्ष्म फरक शोधून काढण्यासाठी अजूनही कॅपिलरी इलेक्ट्रोमीटर वापरण्यात येतो.

पाऱ्यावर सौम्य सल्फ्युरिक अम्ल पसरुन, त्याला लोखंडी खिळ्याने स्पर्श केल्यानंतर, पाऱ्याच्या आकारात होणाऱ्या फरकांचा अभ्यास पुरा केल्यानंतर, त्याने त्याच्या उलट प्रकारच्या प्रयोगाचाही अभ्यास केला. पाऱ्यावर सौम्य सल्फ्युरिक अम्ल पसरून, पाऱ्याच्या पृष्ठभागात मुद्दाम फरक घडवून आणल्यावर विद्युत गामकात होणाऱ्या सूक्ष्म फरकांचा त्याने अभ्यास केला. हे 'इलेक्ट्रो

कॅपिलरी ' सदरात मोडणारे प्रयोग उलट सुलट प्रकारे करता येतात. या प्रयोगांच्या आधारे त्याने एक इलेक्ट्रो कॅपिलरी यंत्र तयार केले. या यंत्रातून विद्युतप्रवाह जाऊ दिल्यास ते चालू लागायचे व त्या यंत्राला हाताने गती दिल्यास त्यातून विद्युतप्रवाह मिळायचा. सादी कार्नॉटने उलट सुलट कार्य करणाऱ्या हीट अेन्जिनच्या (उष्मा यंत्राच्या) — अेका तपमानाला उष्णता शोषून ती दुसऱ्या खालच्या तपमानाला उत्सर्ज करणाऱ्या व त्या योगाने कार्य घडवून आणणाऱ्या यंत्राला हीट अेन्जिन किंवा उष्मा यंत्र म्हणतात— बाबतीत जी विचार पद्धती अवलंबिली तीच विचार पद्धती इलेक्ट्रो - कॅपिलरी यंत्राच्या बाबतीत वापरुन, त्याने एक सर्वसाधारण सिद्धांत मांडला. एखादे कार्य कसे घडून येत आहे हे समजल्यास, त्याच्या उलट कार्य घडून येऊ शकेल किंवा नाही व ते उलट कार्य घडून येत असल्यास ते कितपत घडून येईल ते या सिद्धांताच्या आधारे सांगता येते. त्यानंतर त्याने पीझो-इलेक्ट्रिसिटी हा प्रकार या सिद्धांतानुसार विचार करण्यासाठी घेतला. (काही स्फटिक तापविल्यास किंवा थंड केल्यास विद्युतभार तयार झाल्याचे दिसून येते. या प्रकारास पीझो इलेक्ट्रिसिटी म्हण- तात) पीझो इलेक्ट्रिसिटीचा आपल्या सिद्धांतानुसार विचार करुन, त्याने असा निष्कर्ष काढला की विद्युतक्षेत्रात स्फटिक ठेवल्यास, स्फटिकाची लांबी वाढायला हवी. लिपमनचा हा सिद्धांत खरा असल्याचे नतर क्युरी बंधूनी प्रत्यक्ष प्रयोगाद्वारे सिद्ध केले. लिपमनचा हा सिद्धांत १८८१ मध्ये प्रसिद्ध झाला आहे.

विद्युतप्रवाहाचा जो परिणाम दिसून येतो, तोच परिणाम वेग दिलेल्या विद्युतभारवाही पदार्थांच्या बाबतीत दिसून आला पाहिजे असे मत १८३८ साली मायकेल फॅराडेने व्यक्त केले होते. हे मत खरे असल्याचे, बर्लिनमध्ये हेल्महोल्ट्झ यांच्या मार्गदर्शनाखाली संशोधन करणाऱ्या एच्. ए. रोलंडने प्रायोगिकरीत्या सिद्ध केले. अमेरिकेतील जॉन्स हॉपकिन्स विद्यापीठात रोलंड प्राध्यापक म्हणून कार्य करीत होता व हेल्महोल्ट्झच्या मार्गदर्शनाखाली संशोधन करण्यासाठी बर्लिनला आला होता. विद्युतभारवाही पदार्थाला वेग दिल्याने चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते असे रोलंडला प्रयोगांती आढळले होते. पुढे १८८१ मध्ये याच प्रमेयाचा विचार, जे. जे. थॉमसनने तात्त्विक दृष्टिकोनातून मॅक्सवेलच्या सिद्धां- ताच्या आधारे केला. १८८१ मध्ये थॉमसनने मांडलेला तात्त्विक विचार आधुनिक इलेक्ट्रॉन विचार पद्धतीचा मूलभूत पायाच समजायला हरकत नाही, इतक्या महत्वाचा आहे. १८७९ साली फ्रेंच ॲकेडमी ऑफ सायन्सेस या विज्ञान संस्थेला सादर केलेल्या संशोधन निबंधात पदार्थांचे यांत्रिकी स्थित्यंक, तो पदार्थ विद्युत—

भारवाही केल्यास वाढते असे लिपमनने म्हटले होते. त्याचा अर्थ स्थिर पदार्थास काही ठराविक वेग येण्यास जितकी शक्ति लागते, त्यापेक्षा जास्त शक्ति तो पदार्थ विद्युतभारवाही असल्यास पहिल्या इतका वेग येण्यास लागते. त्याचा अर्थ विद्युतभारवाही पदार्थाचा परिणामकारक भार, तोच पदार्थ विद्युतभाररहित असल्यावर असणाऱ्या त्याच्या परिणामकारक भाराहून जास्त आहे. विद्युतभारामुळे पदार्थांच्या परिणामकारक भारात होणाऱ्या वाढीस लिपमनने "स्थिर विद्युतच्या स्थित्यैकातील वाढ" असे नाव दिले आहे. भौतिकीशास्त्रातील संशोधनाबद्दल १९११ साली नोबेल पारितोषिक मिळविणाऱ्या डब्ल्यु वीनने १९०० साली असे विधान केले हाते की भाराचे मूळ सरते शेवटी विद्युतभारातच आहे. वीनच्या या विधानाचा प्रत्यय जे. जे. थॉमसनच्या संशोधनाने आला. १९०६ साली नोबेल पारितोषिक मिळविणाऱ्या जे. जे. थॉमसनने प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन किंवा धनकण व ऋणकण यांचा भार मोजण्याचे कार्य केले.

लिपमनने ज्योतिष्यशास्त्रात केलेल्या संशोधनातून को अेलोस्टॅट व युरॅनोग्राफ या दोन यंत्राची निर्मिती झाली. को अेलोस्टॅट यंत्राच्या शोधाने आकाशस्थ ग्रहांचा अभ्यास करण्याच्या पद्धतीत सुधारणा झाली आहे. को अेलोस्टॅट यंत्रामुळे अभ्यासासाठी घेतलेल्या आकाशाच्या भागाचे अगदी स्थिर प्रतिबिंब आरशात मिळवता येते. लिपमनने तयार केलेल्या युरॅनोग्राफ यंत्राने, आकाशाचा तंतोतंत नकाशा तयार करता येतो, व त्या नकाशावर योग्य अंतराने रेखांशही आखता येतात.

बक्षिसास पात्र ठरलेले संशोधन

वर वर्णन केलेल्या विविध क्षेत्रात लिपमनने अत्यंत उपयुक्त संशोधन केले असले तरी त्याला नोबेल पारितोषिक मिळाले ते रंगीत फोटोग्राफ (प्रकाश-चित्र) काढण्याच्या त्याच्या पद्धतीबद्दल. अेकोणिसाव्या शतकाच्या प्रथमार्धात नाइसेफोर डी नीप्से व लुई डॅगुर यानी फोटोग्राफ घेण्याची पद्धत प्रथमतः बसवली. फोटोग्राफ घेण्याच्या या पद्धतीचा शोध लागल्यापासून, रंगीत फोटोग्राफ कसे काढता येतील याचाही शोध शास्त्रज्ञानी चालू ठेवला होता. सजल सिल्व्हर क्लोराईडवर इंद्रधनुष्यातील सर्व रंग, जवळ जवळ आहेत त्या स्वरुपात आणता येतात हे एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरवातीसच माहीत झाले होते. त्याचा उल्लेख १८१० मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या फार्बेन लेरे या गटेच्या ग्रंथात मिळतो. १८४८ साली अेडमड बेक्वेरेलने इंद्रधनुष्यातील रंगच

नाही तर निरनिराळ्या पदार्थांचे विविध रंग सिल्व्हर क्लोराइडवर आणण्यात यश संपादन केले. चांदीच्या पत्र्यावर सिल्व्हर क्लोराइडचा थर देऊन, त्याने सिल्व्हर क्लोराइडवर विविध रंग आणून दाखवले. पण सिल्व्हर क्लोराइडवर आणलेले विविध रंग, कायम स्वरूपी करण्यात मात्र बेक्वेरेल अयशस्वी ठरला. सिल्व्हर क्लोराइडवर आलेले रंग काही कालानंतर नष्ट होत असत. हे असे का होते याचे कारण बेक्वेरेलला सापडत नव्हते. त्यामुळे रंगीत फोटोग्राफ घेण्याची पद्धत नक्की होत नव्हती. १८६८ मध्ये विल्हेलम झेंकर या शास्त्रज्ञाने स्थिर प्रकाश लहरी तयार झाल्याने रंग दिसतो अशी उपपत्ती मांडली. १८८७ मध्ये लॉर्ड रॅलेने झेंकरच्या उपपत्तीत काही सुधारणा केली, तर १८९० मध्ये झेंकरची उपपत्ती बरोबर असल्याचे, ऑटो वीनरने प्रायोगिकरीत्या सिद्ध केले.

याच्या पुढच्याच वर्षी म्हणजे १८९१ मध्ये लिपमनने रंगीत फोटो काढण्याची आपली पद्धत प्रसिद्ध केली. लिपमनच्या पद्धतीत, जिलेटीनचे इमल्शन (पायस), सिल्व्हर नायट्रेट व पोटॅशियम ब्रोमाइड वापरून फोटोग्राफ घ्यायची संवेदनाक्षम फिल्म वापरण्याची कल्पना होती. ह्या संवेदनाक्षम फिल्मच्या पुढे काचेची प्लेट होती व संवेदनाक्षम फिल्म पाठच्या बाजूस येईल अशा तऱ्हेने काचेची प्लेट आणि ती फिल्म कॅमेऱ्यात ठेवाव्या लागत होत्या. संवेदनाक्षम फिल्मला लागूनच पाऱ्याचा एक अतिशय पातळ थर होता. कॅमेरा वापरून म्हणजे त्यात प्रकाश येण्यासाठी ठेवलेले छिद्र उघडून, प्रकाशाचा संवेदनाक्षम फोटोग्राफिक फिल्मवर परिणाम होऊ दिल्यास, संवेदनाक्षम फिल्ममध्ये स्थिर प्रकाशलहरी तयार होतात. फोटो घ्यायच्या पदार्थांच्या रंगाप्रमाणे, प्रकाशलहरींची विविधता त्या स्थिर प्रकाश-लहरीत येते. प्रकाशलहरींच्या उच्च बिंदुंच्या ठिकाणी फिल्मवर काहीही प्रक्रिया होत नाही आणि प्रकाशलहरींच्या इतर भागात फिल्मवर जास्तीत जास्त प्रक्रिया होते. प्रकाशाचा परिणाम घडवून आणलेली फिल्म डेव्हलप केल्यावर, प्रत्येक रंगासाठी प्रकाशलहरीच्या लांबीच्या निम्म्या भागाबरोबरीच्या अंतराइतके परस्परापासून समान अंतर असलेले, क्षपण झालेल्या रौप्य कणांचे थर तयार होतात. रंगाप्रमाणे क्षपण झालेल्या रौप्य कणांचे थरातील अंतर भिन्न भिन्न असते. डेव्हलप केलेली फिल्म समोरुन पाहिल्यास, संवेदनाक्षम फिल्ममधील प्रत्येक थर, पदार्थाच्या मूळ रंगात दिसू लागून, सर्व चित्र मूळच्या सारखेच रंगीत दिसू लागते. याच पद्धतीचे विवरण, नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर, रॉयल स्वीडीश अॅकेडमीपुढे दिलेल्या व्याख्यानात लिपमनने केले असल्याने त्याच्या

व्याख्यानातला तेवढाच भाग खाली उद्धृत केला आहे. मूळ व्याख्यान फ्रेंच भाषेत आहे.

“ गेल्या शतकाच्या सुरवातीपासून, रंगीत फोटोग्राफ काढण्यासाठी बऱ्याच जणानी खटपट केली होती. फोटोग्राफ घेतलेल्या वस्तूंचे रंग, कॅमेऱ्यातील फिल्ममध्ये असलेल्या सिल्व्हर क्लोराइडवर आलेल्या प्रतिबिंबात दिसून येतात असे अेडमंड बेक्वेरेलने दाखवले होते. बेक्वेरेलच्या प्रयोगात दिसून येणारे रंग, प्रकाशप्रतिरोधामुळे निर्माण होतात असे मत झेंकरने मांडले. पण प्रयोग करुन पाहाता झेंकरचे स्पष्टीकरण बरोबर नाही व ते स्पष्टीकरण सिल्व्हर क्लोराइड-वर दिसून येणाऱ्या रंगाना लावता येत नाही असे ठरते. याशिवाय असे दिसून आले की बेक्वेरेलच्या पद्धतीने सिल्व्हर क्लोराइडवर आणलेले रंग पक्के नसतात. ते रंग प्रकाशात धरल्यास नष्ट होतात. यानंतर ऑटो वीनर या शास्त्रज्ञाने चांदीच्या आरशाच्या नजिकच्या पृष्ठभागात, प्रतिरोध झालरींचा फोटो काढला. परंतु प्रकाश प्रतिरोधाचा उपयोग करुन रंगीत फोटोग्राफ काढावे या उद्देशाने त्याचे प्रयोग चाललेले नव्हते.

रंगीत फोटोग्राफ काढायची माझी पद्धत अगदी साधी आहे. संवेदनाक्षम पदार्थांचा थर काचेच्या प्लेटवर देऊन, ती काच पारा लावलेल्या दुसऱ्या एका प्लेटच्या सान्निध्यात असते. संवेदनाक्षम थर जिलेटीन, सिल्व्हर नायट्रेट व पोटॅ-शियम ब्रोमाइड यापासून तयार केला होता व तो पारदर्शी आणि दृष्य कणरहित होता. फोटो घ्यायच्या वेळी, संवेदनाक्षम थराला लागून पाऱ्याचा थर असतो व हे दोन्ही थर मिळून आरसा तयार होतो. फोटो घेतल्यानंतर म्हणजे संवेदनाक्षम थरावर प्रकाशाचा परिणाम होऊ दिल्यानंतर फोटोग्राफिक प्लेट नेहमीप्रमाणे धुण्यात येते. प्लेट धुवून सुकू दिल्यास, प्रतिबिंबामुळे फोटोग्राफ रंगीत दिसतो व त्यावरचे रंग पक्के असतात.

फोटोग्राफिक प्लेटच्या संवेदनाक्षम थरामध्ये जो प्रकाशप्रतिरोध घडून येतो, त्यामुळे फोटोमध्ये रंग दिसतात. कॅमेरामध्ये आत येणारे प्रकाश किरण आणि आरशावरुन प्रतिबिंबित झालेले प्रकाश किरण यांच्यात प्रतिरोध घडून आल्याने प्रकाशलहरींच्या लांबीच्या निम्म्या अंतरावर प्रतिरोध झालरी तयार होतात. संवेदनाक्षम पदार्थांच्या थरामध्ये प्रतिरोध झालरींचा फोटो तयार होतो व तो जणू काय रंगीत पदार्थाकडून येणाऱ्या प्रकाशकिरणांचा साचा असतो. फोटोग्राफिक

प्लेट धुतल्यानंतर, जेव्हा ती आपण प्रकाशात धरतो, त्यावेळी प्रकाश किरणांचे वेचक परावर्तन होत असल्याने, फोटो रंगीत दिसतो. फोटोग्राफिक प्लेटवरचा प्रत्येक बिंदु, त्यावर ज्या किरणांचा ठसा उठलेला आहे तेवढेच किरण प्रतिबिंबित करती. ज्या किरणांचा ठसा त्या विशिष्ठ ठिकाणी उठलेला नसतो, ते इतर किरण प्रकाश प्रतिरोधामुळे नष्ट होतात. अशारीतीने फोटोग्राफ घेतलेल्या पदार्थाच्या प्रतिबिंबाच्या प्रत्येक सूक्ष्म बिंदूच्या ठिकाणी असलेला रंग आपल्या डोळ्याना दिसतो. साबण्याच्या बुडबुड्यात किंवा मोत्याच्या शिंपल्याच्या आतल्या भागात दिसणारे विविध रंगही ज्याप्रमाणे वेचक परावर्तनामुळे मिळतात, त्याप्रमाणे फोटोग्राफ रंगीत दिसण्याचा हा सर्व प्रकार वेचक परावर्तनामुळे होतो. फोटोग्राफिक प्लेटवरील संवेदनाक्षम थराला मात्र कोणताच रंग आलेला नसतो.

माझ्या या स्पष्टीकरणाचा खरेखोटेपणा प्रयोग करुन पाहाता येतो. हा मी आपल्यापुढे इंद्रधनुचा फोटोग्राफ धरतो. फोटोग्राफमधील सारे रंग झळझळीत आहेत. आता मी त्या फोटोवरुन पाण्याचा हात फिरवतो, व तो फोटो आपल्यापुढे धरतो. आता फोटोमध्ये काहीही रंग दिसत नाही. पाण्यामुळे संवेदनाक्षम थरातील जिलेटीन फुगले आहे, आणि त्यातील प्रतिरोध झालरींच्या प्रतिबिंबातील अंतर पहिले होते त्याच्या दुप्पट तिप्पट झाले आहे. आता ही फोटोग्राफिक प्लेट मी जरा बाजूला ठेवून देतो. ती सुकत जाईल व मूळ पदाला येईल, तेव्हा तिचे मूळ रंग अेकामागून अेक दिसू लागतील. सर्वात मोठ्या लहरीशी निगडीत लाल रंग दिसेल. नंतर नारिंगी, हिरवा, निळा व जांभळा या क्रमाने हे रंग मूळच्या ठिकाणी दिसू लागतील.

संशोधनाचा परिणाम

इलेक्ट्रो-कॅपिलॅरिटी विषयीचे त्याचे संशोधन,अेक उत्कृष्ट प्रकारचे संशोधन आहे. रंगीत फोटोग्राफ काढण्याची पद्धत शोधून काढण्याबद्दल त्याला नोबेल पारितोषिक मिळाले असले तरी त्याची ती पद्धत प्रत्यक्ष व्यवहारात आणण्याच्या बाबतीत विशेषसे प्रयत्न झाले नाहीत. त्याच्या पद्धतीने फोटो काढायला बराच वेळ लागायचा ही त्या पद्धतीतील मुख्य व मोठी अडचण होती. रंगीत फोटो काढण्यासाठी कॅमेऱ्याचे शटर पंधरा मिनिटे उघडून ठेवावे लागत असे. पुढे पुढे त्याने हा वेळ पंधरा मिनिटावरुन कमी करीत करीत, अेक मिनिटावर आणला.

पण तरीही फोटो घ्यायची वस्तू किंवा पदार्थ अेक मिनिटभर निश्चल राहिला तरच चांगला फोटो निघायचा. त्यामुळे फक्त निर्जिव पदार्थांचेच फोटो लिप-मनच्या पद्धतीने काढता येतात. रंगीत फोटो काढण्यासाठी सध्या वापरात अस-लेली पद्धत, शंभर अेक वर्षापूर्वी क्लार्क मॅक्सवेलने सुचवलेल्या त्रिरंग पद्धतीवर आधारलेली आहे व ती लिपमन पद्धतीहून अगदी संपूर्णपणे भिन्न आहे.

१९०९

गुग्लील्मो मार्कोनी
(१८७४-१९३७)

कार्ल फर्डिनांड ब्रॉन
(१८५०-१९१८)

" बिनतारी तारायंत्राने संदेश पाठविण्याच्या पद्धतीतील प्रगतीबद्दल नोबेल पारितोषिक "

चरित्र

गुग्लीलमो मार्कोनी

२५ एप्रिल १८७४ रोजी बोलोना या इटालियन शहरात गुग्लीलमो मार्कोनीचा जन्म झाला. आई आयरीश असल्याने, मातृघराण्याच्या द्वारे त्याचा इंग्लंडशी संबंध होता. धनसंपन्न घराण्यात जन्मल्याने त्याचे सर्व शिक्षण खाजगी रीत्याच पार पडले. हर्टझच्या विद्युत लहरी इशारा देण्यासाठी वापरता येतील असा ग्रह त्याने विद्यार्थी दशेतच करुन घेतला. १८९४ मध्ये आल्प्स पर्वतावर गिर्यारोहणासाठी गेला असताना, हीनरिक हर्टझचा अेक लेख त्याच्या वाचनात आला. गिर्यारोहणावरून परत आल्यानंतर, बरेचसे प्रयोग करुन पाहिल्यानंतर

कार्ल फर्डिनांड ब्रॉन

जोहान डिडेरिक
व्हॉन डेर वाल्स

बिनतारी संदेश पाठविण्याचा अेक यशस्वी प्रयोग त्यानें केला. वरच्या मजल्यावर बटन दाबून, खालच्या मजल्यावरील विजेची घंटा वाजविण्याचा (मध्ये तारा असल्याशिवाय) तो प्रयोग होता. त्यानंतर १८९५ मध्ये स्वतःच उभारलेली ओबडधोबड यंत्रसामुग्री वापरुन त्याने अेक मैलाहूनही अधिक अंतरावर संदेश पाठवून दाखविला. आपल्या प्रयोगांची माहिती इटालियन सरकारला कळवून पुढील प्रयोगासाठी सहाय्य मिळविण्याची त्याने खटपट केली. त्या खटपटीला यश न आल्याने १८९६ मध्ये मार्कोनी इंग्लंडला गेला व तेथे त्याने रेडिओ टेलिग्राफीचे अग्रहक्क मिळविले. मार्कोनीने हे अग्रहक्क मिळवेपर्यंत रेडिओ टेलिग्राफीचे अग्रहक्क मिळविण्याचा कोणी प्रयत्नही केला नव्हता. तयार केलेल्या यंत्रसामुग्रीच्या सहाय्याने नऊ अेक मैलापर्यंत संदेश पाठवता येतात असे त्याने इंग्लंडच्या टपालखात्याला दाखवून दिले. त्याच्या प्रयोगांची उपयुक्तता पाहून, रेडिओ टेलिग्राफीचे प्रयोग इटलीत करण्यासाठी १८९७ मध्ये इटालियन सरकारने त्यास इटलीत परत बोलावले व प्रयोग करण्यासाठी स्पेझिया गावी मुद्दाम वेगळी जागा दिली. स्पेझिया गावी त्याने बिनतारी संदेश पाठविण्याची यंत्रसामुग्री सज्ज केली व स्पेझियापासून बारा मैलावर समुद्रात असलेल्या इटालियन युद्धनौकाकडे बिनतारी संदेश पाठविता येतात असे दाखवून दिले. त्यानंतर हाच प्रयोग रोममध्ये इटलीच्या राजाराणीसमोर करुन दाखवण्यात आला. या प्रयोगानंतर मार्कोनीचे अग्रहक्क विकत घेऊन, त्यांचा व्यापारी उपयोग करुन घेण्यासाठी लंडनमध्ये एक संस्था स्थापन झाली. मार्कोनीनें सुरु केलेल्या बिनतारी संदेश पद्धतीची वाढ करण्यासाठी या संस्थेने प्रयत्न केले. मार्कोनीच्या पद्धतीने दूर अंतरावर संदेश कसे पाठविता येतात याची प्रात्यक्षिके ग्रेटब्रिटनमध्ये व इतरत्र करुन, या नवीन संदेश पद्धतीचे फायदे लोकाना पटवून देण्याचे कार्य या संस्थेने केले व त्यासाठी संदेश देणारी व संदेश घेणारी कायमस्वरुपी स्थानके ठिकठिकाणी उभारली. १८९९ च्या मार्च महिन्यात इंग्लंडमधील चेल्म्सफोर्ड व त्यापासून पंच्याअैंशी मैल अंतरावरील फ्रान्समधील विमॅरों या दोन गावामध्ये बिनतारी तारायंत्रद्वारे दळणवळण सुरु झाले.

पृथ्वीचा आकार चेंडूसारखा गोल असला तरी, दूर अंतरावर बिनतारी संदेश पाठविण्यात, तो गोल आकार आड येत नाही, याबद्दल मार्कोनीची तोपर्यन्त खात्री झाली होती. तेव्हा त्याने अॅटलांटिक महासागराच्या पूर्व किनाऱ्यावरुन त्या महासागराच्या पश्चिम किनाऱ्यावर अमेरिकेकडे बिनतारी संदेश पाठवण्याचे कार्य हाती घेतले. त्यासाठी त्याने इंग्लंडच्या कॉर्नवॉल परगण्यातील पोल्दु या

गावी व अमेरिकेच्या मॅसाच्युसेट्स संस्थानातील केप कॉड या गावी बिनतारी संदेश देणारी – घेणारी स्थानके उभारली. पण कामाला सुरवात करण्याआधी या दोन्हीं स्थानकावर उभारलेली यंत्रसामुग्री वादळामुळे नादुरुस्त झाली. पोल्टु गांवाची यंत्रसामुग्री मोठ्या तत्परतेने दुरुस्त करण्यात आली आणि दुरुस्तीस लागणारा वेळ वाचवण्यासाठी, न्यू फाउंडलंडमधील सेंट जॉन या गावी बिनतारी संदेश देणारे–घेणारे अेक तात्पुरते स्थानक उभारण्यात आले. सेंट जॉन या गावी अेरियल नेहमींप्रमाणे उंच काठीवर न ठेवता पतंगाच्या सहाय्याने चारशे फूट उंचीवर ठेवले होते. १२ डिसेंबर १९०१ रोजी अॅटलांटिक महा–सागराच्या पूर्व किनाऱ्यावरुन, त्या महासागराच्या पश्चिम किनाऱ्यावर बिनतारी संदेश पोचतो की नाही हे पाहाण्याचा आता अैतिहासिक महत्त्वाचा ठरलेला प्रयोग करण्यात आला. पोल्टूहून मॉर्स लिपीतील अेस् हे अक्षर बिनतारी तारायंत्रद्वारे सेंट जॉनकडे पाठविण्यात आले. ते आठराशे मैलावर सेंट जॉनमध्ये उभारलेल्या संदेश – ग्राहक स्थानकात व्यवस्थितपणे मिळाले. त्या अेका प्रयोगाने बिनतारी संदेश खूप दूरवर पाठवता येतात असे सिद्ध झाले. १९०२ च्या फेब्रुवारी महिन्यात, फिलाडेल्फिया नावाच्या जहाजातून प्रवास करीत असता, पोल्टूहून बिनतारी तारायंत्रद्वारे पाठवलेले संदेश १५५० मैलावर व संदेश म्हणून पाठवलेली अक्षरे २१०० मैलावर व्यवस्थित मिळू शकतात असे मार्कोनीने सिद्ध केले. त्यानंतर इटलीच्या राजाने बिनतारी यंत्रणेविषयी प्रयोग करण्यासाठी त्याच्या हवाली केलेल्या कार्लो अल्बर्टो या बोटीवर बिनतारी संदेश टिपण्यासाठी यंत्रणा उभारली व पोल्टूहून पाठवलेले संदेश टिपण्याचे कार्य करुन दाखवले. त्यानंतर कॅनडियन सरकारच्या प्रोत्साहनाने त्याने नोव्हा स्कोशिया प्रांतातील ग्लेसबे येथे संदेश देणारे व टिपणारे स्थानक उभे केले. १६ डिसेंबर १९०२ रोजी ग्लेसबे येथील बिनतारी संदेश देणारे व टिपणारे स्थानक आणि इंग्लंडमधील पोल्टु येथील बिनतारी–तारायंत्र––स्थानक यामध्ये बिनतारी संदेश द्वारा दळणवळण सुरु झाले. यानंतर थोड्याच काळात. अमेरिकेतील केप कॉड येथे बिनतारी संदेश देणारे व टिपणारे स्थानक पुन्हा उभारण्यात आले. १९०३ सालच्या मार्च महिन्याच्या उत्तरार्धात लंडनच्या टाईम्स या वर्तमानपत्राने, त्याच्या न्यूयॉर्क येथील बातमीदाराने बिनतारी तारायंत्राने पाठवलेली बातमीपत्रे छापायला सुरवात केली.

आतापर्यंत केलेल्या प्रयोगातून उपलब्ध झालेली माहिती आणि मिळालेला अनुभव, तसेच इंग्लंडमधील त्याच्या सहकाऱ्यानी इंग्लंड व जिब्राल्टर यामध्ये

बिनतारी तारायंत्राचे दळणवळण प्रस्थापित करण्यासाठी केलेल्या प्रयत्नांच्या वेळी मिळालेला अनुभव यातून जरूर ती माहिती एकत्रित करुन, त्याने आयर्लॅन्डमधील क्लिकडेन गावी एक नवीन बिनतारी तारायंत्रणेचे स्थानक उभे केले. याबरोबर ग्लेस बे या कॅनडियन गावात उभारलेल्या स्थानकात अवश्य त्या सुधारणा करण्यात आल्या. १९०७ च्या ऑक्टोबर महिन्यात या सर्व स्थानकात बिनतारी तारायंत्रणेद्वारा व्यापारी दळणवळण सुरु झाले. १९१० मध्ये क्लिफडेनहून पाठवलेला बिनतारी संदेश दक्षिण अमेरिकेतल्या ब्यूनोसायरिस गावातील स्थानकावर टिपून ६००० मैलावर देखील बिनतारी संदेश धाडता येतात व टिपता येतात असे मार्कोनीने दाखवून दिले.

१९१२ मध्ये इंग्लंडहून अमेरिकेला जायला निघालेली टिटानिक बोट न्यूफाउंडलंडजवळ पाण्यात बुडालेल्या बर्फखंडावर आदळून बुडाली. त्यावेळी मदतीसाठी टिटानिकवरुन पाठवलेला बिनतारी संदेश (S–O–S) कार्पाथिया बोटीला मिळाला, व तिने तातडीने अपघातस्थळी जाऊन ७०५ प्रवाशांचे प्राण वाचवले. त्यामुळे मार्कोनीच्या शोधाचे महत्व केवळ शास्त्रज्ञानाच नाही तर सर्वसाधारण माणसानाही पटले.

१९१५ मध्ये अमेरिकेच्या पश्चिम किनाऱ्यावरील सानफ्रान्सिस्को गावाहून ९६०० किलोमीटर दूर जपानमधील फुमाबाशी या शास्त्रज्ञाकडे संदेश पाठवण्यात आला व तो त्याला टिपता आला. त्यानंतर अमेरिकेच्या पेनसिल्व्हानिया संस्थानातील पिट्सबर्ग शहरात पहिले रेडिओकेंद्र उभारण्यात आले. १९१८ च्या सप्टेंबर महिन्यात, इंग्लंडहून ऑस्ट्रेलियाला पहिले बिनतारी संदेश धाडण्यात आले.

क्लिफडेन येथील बिनतारी यंत्रणेच्या स्थानकाची उभारणी करण्याआधी वेगवेगळ्या प्रकारची अेरियल उभारुन, त्यातून कोणते विशेष कार्यक्षम आहे हे ठरविण्यासाठी मार्कोनीचे प्रयोग चालू होते. बऱ्याचशा प्रयोगानंतर इंग्लंड व कॅनडा या देशामध्ये बिनतारी यंत्रणेद्वारा दळणवळण प्रस्थापित करण्यासाठी जे विशिष्ट अेरियल निवडले, त्यात पृथ्वीतळाशी समांतर अशी बरीचशी अेरियल अेकत्र आणली होती. ही सर्व समांतर अेरियल ज्या दिशेचा मार्ग दाखवतात, त्या मार्गाच्या दिशेने व अर्दिग केले असते (पृथ्वीतळाला जोडले असते) त्या अेरियलपासून दूर बिनतारी संदेश पाठविता येतात असे मार्कोनीला आढळले.

१९१६ आधी साधारणपणे असा समज होता की दूर अंतरावर संदेश पाठवण्यासाठी सोळा हजार फूट लांबीच्या रेडिओ लहरी वापरणे अवश्य आहे. १९१६ मध्ये, लघुलहरी वापरून दूरवर अेका विवक्षित दिशेकडे संदेश पाठविण्याच्या उद्देशाने मार्कोनीने इटलीत प्रयोग सुरू केले. प्रकाशकिरण जसे अेका विशिष्ट दिशेकडे पाठवता येतात त्याप्रमाणे रेडिओ लहरी अेका विशिष्ट दिशेकडे पाठवता आल्यास, त्या पद्धतीचा युद्धकार्यांत खूप उपयोग होईल अशी कल्पना या प्रयोगामागे होती. यानंतर पंधरा मीटर लांबीच्या रेडिओ लहरी वापरून, लंडन आणि बर्मिंगहॅम या दोन शहरामध्ये बिनतारी दळणवळण प्रस्थापित करण्यात तो यशस्वी झाला. नंतर १९२३ मध्ये ब्याण्णव मीटर लांबीच्या रेडिओलहरी बाराशे मैलापर्यंत पाठविण्याचा त्याचा प्रयोग यशस्वी झाला. त्याच वर्षीच्या आक्टोबर महिन्यात, जवळ जवळ तीस मीटर लांबीच्या रेडिओ लहरी द्वारा दिवसाच्या वेळीसुद्धा खूप दूरवर संदेश पाठविता येतात असे त्याला आढळले. त्यामुळे लघुरेडिओ लहरीद्वारा दूरवरच्या शहराशी दळणवळण चालू ठेवण्याची पद्धत ब्रिटिश साम्राज्यात सुरू झाली. त्यानंतर साधारण अेक मीटर लांबीच्या रेडिओ लहरीद्वारा संदेश पाठविण्याची पद्धत बसविण्यासाठी, त्याने, १९३१ मध्ये इटलीमध्ये प्रयोग सुरु केले. ते प्रयोग यशस्वी होऊन, रोमजवळील व्हॅटिकन शहर आणि कॅस्टेल गॅन्डोल्फोमधील पोपचा राजवाडा या दोन ठिकाणामध्ये रेडिओ दळणवळण सुरू झाले.

पहिल्या महायुद्धामध्ये मार्कोनी इटलीच्या सैन्यदलात व नाविकदलात भरती झाला होता. अमेरिकेबरोबर युद्धविषयक प्रश्नांची चर्चा करण्यासाठी अमेरिकेस गेलेल्या इटलियन युद्धमंडळाचा तो एक सदस्य होता. युद्ध समाप्तीनंतर १९१९ मध्ये पॅरिस येथे भरलेल्या आंतरराष्ट्रीय शांतता परिषदेला तो इटलीतर्फे हजर होता, व इटलीच्यावतीने त्याने इटली व ऑस्ट्रिया आणि बल्गेरिया यामध्ये झालेल्या शांतता करारावर सहृया केल्या आहेत. २० जुलै १९३७ रोजी तो मृत्यू पावला.

बिनतारी तारायंत्राच्या किंवा रेडिओच्या शोधाने, दळणवळणाच्या साधनात जी क्रांती घडून आली, त्यामुळे रेडिओचा जनक म्हणून मार्कोनीला खूपच सन्मान मिळाले. निरनिराळ्या देशाकडून सरकारी मानसन्मान, विद्यापीठाकडून मानद्य पदव्या अणि विज्ञान संस्थाकडून पारितोषिके यांचा त्यावर अक्षरश: वर्षाव झाला. इटालियन सरकारने त्याला मार्क्विस करुन, सरदारकी बहाल केली, तसेच

त्यास इटालियन सेनेटचे सदस्यत्वही दिले. रशियाच्या झारने त्याला ऑर्डर ऑफ सेन्ट अॅन हा बहुमान दिला. इंग्लंडच्या राजेसाहेबानी त्यास ग्रॅन्ड क्रॉस ऑफ दि व्हिक्टोरियन ऑर्डर हा बहुमान दिला. अमेरिकेतील शास्त्रीय संस्थाकडून त्यास बरीचशी पदके व पारितोषिके मिळाली. त्यात फ्रॅन्कलिन पदक व जॉन फ्रिट्झ पदक यांचा विशेष उल्लेख केला पाहिजे. इंग्लंडमधील रॉयल सोसायटी ऑफ आर्टस् या संस्थेने त्यास अल्बर्ट पदक दिले.

अेक पहिल्या प्रतीचा शास्त्रज्ञ म्हणून कीर्ती, पैसा व मानसन्मान मिळाल्या-वरही त्याचा मानवतावादी स्वभाव बदलला नाही. माझे वडील आजारी आहेत. त्याना आराम पडावा ही माझी प्रार्थना आपण ईश्वराकडे आपल्या यंत्रातून पाठवा अशी चमत्कारिक विनंती घेऊन अेक मनुष्य त्याच्याकडे आला. ईश्वराकडे असा संदेश पाठवता येत नाही इत्यादी गोष्टी त्याला सांगत न बसता त्याचे म्हणणे त्याने ऐकून घेतले. मला काय जमते ते पाहातो असे सांगून त्या माणसास निरोप दिला. तो मनुष्य परत गेल्यावर. शहरातल्या उत्तमोत्तम डॉक्टरांशी संपर्क साधून, त्या रुग्णाइतावर योग्य औषधोपचार करण्याची त्याने सोय केली व त्यास सुदृढावस्थेत आणले.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

मार्कोनीने बिनतारी तारायंत्राविषयी जेव्हा १८९५ मध्ये प्रयोग करण्यास सुरवात केली तेव्हा त्या प्रयोगात वापरता येतील अशी फक्त दोनच उपकरणे उपलब्ध होती. हर्टझियन ऑस्सिलेटरमुळे विद्युतचुंबकीय लहरी निर्माण करता येत होत्या व बॅन्ले कोहररमुळे विद्युतचुंबकीय लहरी टिपता येत होत्या. हर्टझियन ऑस्सिलेटरमध्ये धातुच्या दोन चौरस चकत्या (४०X४० सेन्टीमीटर) पर-स्परापासून साठ सेन्टीमीटर अंतरावर ठेवलेल्या असत. या धातूच्या चकत्याना हलक्या धातूच्या सळचा जोडलेल्या असून, त्या सळचांच्या टोकाना धातूचे दोन गोल जोडलेले असत. या दोन गोलामध्ये असे कांही अंतर ठेवले जायचे की गोलामधल्या अंतरातून विद्युत-स्फुल्लिंग एकीकडून दुसरीकडे जाऊ शकत. इंडक्शन कॉइलच्या सेकंडरी गुंडाळचाच्या टोकाना धातूच्या चकत्या जोडलेल्या असायच्या. इंडक्शन कॉइलमधून विद्युत-प्रवाह सुरु झाल्यावर, दोन धातूगोला-मधील जागेत विद्युत स्फुल्लिंग अेकीकडून दुसरीकडे जायचे व धातूच्या चकत्यामध्ये

आंदोलनात्मक विद्युतप्रवाह सुरु व्हायचा आणि त्याबरोबर विद्युत चुंबकीय लहरींची निर्मिती व्हायची. ब्रॅन्ले कोहरर या उपकरणाचा शोध पॅरीसमधील ब्रॅन्ले या प्राध्यापकाने लावला होता, व त्याची बांधणी इग्लंडमधील विख्यात शास्त्रज्ञ सर ऑलिव्हर लॉज यानी १८८० च्या सुमारास लावलेल्या अेका शोधाच्या आधारे केली होती. ब्रॅन्ले कोहररमध्ये धातूच्या कीसानी भरलेल्या नलिका in series पद्धतीने विद्युत घटाशी जोडलेल्या असत. नलिकामध्ये धातुचा कीस साधारणपणे अशा तऱ्हेने भरलेला असायचा की त्या नलिकाकडून विद्युतप्रवाहाला जास्तीत जास्त विरोध व्हायचा आणि त्यामूळे त्यांच्यामधून विद्युतप्रवाह जात नसे. पण या धातुच्या कीसावर विद्युतचुंबकीय लहरी पडल्यावर, त्याची अशी कांही मांडणी व्हायची की तो धातूचा कीस अेकत्र येऊन त्यांचा विद्युतविरोध पहिल्यापेक्षा खुप कमी होऊन, धातूनलिका मधून विद्युतप्रवाह सुरू व्हायचा. हा विद्युतप्रवाह नेहमीच्या टेलीग्राफ सांऊंडरमधून किंवा मॉर्स प्रिंटरमधून नेलेला असायचा. त्यामुळे मॉर्स प्रिंटर सुरू झाला की, विद्युतचुंबकीय लहरींची निर्मिती झाली आहे असे समजून यायचे. या दोन साध्या उपकरणामध्ये मार्कोनीने कशी सुधारणा घडवून आणली हे आपल्याला, त्याने पारितोषिक वितरण समारंभानंतर दिलेल्या व्याख्यानावरून चांगलेच समजून येते. मार्कोनीचा पिता इटालियन होता. तरी त्याची माता आयरिश असल्याने, त्याचे इंग्रजी भाषेवर चांगले प्रभुत्व होते व त्याने हे व्याख्यान इंग्रजीत दिले आहे.

" साधा हर्टझ् ऑस्सलेटर व ब्रॅन्ले कोहरर किंवा डिटेक्टर या दोन उपकरणांच्या सहाय्याने माझे पहिले प्रयोग मी करुन पाहिले. लवकरच माझ्या ध्यानात आले की ब्रॅन्ले डिटेक्टरचे काम अनियमित असल्याने तो नेहमी वापरावा इतका विश्वासार्ह डिटेक्टर नाही. त्यामुळे डिटेक्टरमध्ये सुधारणा करण्याचे काम मी प्रथमत: हाती घेतले.

काही प्रयोग करुन पाहिल्यावर मला असे आढळले की नलिकेतील दोन चांदीच्या प्लगमधील छोटयाशा जागेत निकेल व चांदी यांचा कीस ठेवून कोहरर किंवा डिटेक्टर तयार केल्यास तो कोहरर जास्त कार्यक्षम व जास्त विश्वासार्ह होतो. कोहररमध्ये ही सुधारणा केल्यानंतर मी तो ज्या सर्किटमध्ये किंवा मंडलामध्ये ठेवायचा त्यात सुधारणा केली. ज्या विद्युत चुंबकीय लहरी ऑस्सिलेटरमधून धाडायच्या त्याच्याशीच कोहररचे मंडल जुळवून घेतले. असे केल्याने विद्युत चुंबकीय लहरी टिपण्याचे काम मला साधारण अेक मैल अंतरावरुन करता येऊ लागले.

इतकी प्रगती झाल्यानंतर, सध्या सर्वांच्या परिचयाच्या असलेल्या उपकर-णांची मांडणी मी केली. कोहरर, व्होल्टाचा विद्युतघट आणि संवेदनाक्षम टेलिग्राफिक रिले मी अेका मंडलामध्ये आणले. हा टेलिग्राफिक रिले दुसरे एक मंडल सुरु करायचा किंवा बंद करायचा आणि त्यामुळे अेक टॅपर किंवा ठोके देणारे उपकरण व ते ठोके टिपून घेणारे उपकरण चालू राहायचे. ऑस्सिलेटरच्या किंवा ट्रॅन्समिटरच्या मंडलामध्ये मॉर्स टेलिग्राफची चावी ठेवून, थोडा किंवा अधिक वेळ विद्युत चुंबकीय लहरी निर्माण करणे शक्य व्हायचे. विद्युत चुंबकीय लहरी निर्माण केल्यानंतर, त्या टिपण्याचे काम ऑस्सिलेटरपासून बऱ्याच अंतरावर ठेवलेला कोहरर करु शकत असे व मॉर्स कोड द्वारा ऑस्सिलेटरमधून धाडलेले टेलिग्राफीक संदेश अगदी अचूकपणे जशाच्या तसे कोहरर देत असे. अशा प्रकारची व्यवस्था केल्यानंतर अर्धा अेक मैल अंतरापर्यन्त बिनतारी संदेश पाठवता येतात असे मला आढळून आले.

आकृती – ४ संदेश देण्याची यंत्रणा S – हर्टझ् आस्सिलेटर

आंदोलनात्मक विद्युतप्रवाह सुरु व्हायचा आणि त्याबरोबर विद्युत चुंबकीय लहरींची निर्मिती व्हायची. ब्रॅन्ले कोहरर या उपकरणाचा शोध पॅरीसमधील ब्रॅन्ले या प्राध्यापकाने लावला होता, व त्याची बांधणी इग्लंडमधील विख्यात शास्त्रज्ञ सर ऑलिव्हर लॉज यानी १८८० च्या सुमारास लावलेल्या अेका शोधाच्या आधारे केली होती. ब्रॅन्ले कोहररमध्ये धातूच्या कीसानी भरलेल्या नलिका in series पद्धतीने विद्युत घटाशी जोडलेल्या असत. नलिकामध्ये धातुचा कीस साधारणपणे अशा तऱ्हेने भरलेला असायचा की त्या नलिकाकडून विद्युतप्रवाहाला जास्तीत जास्त विरोध व्हायचा आणि त्यामुळे त्यांच्यामधून विद्युतप्रवाह जात नसे. पण या धातुच्या कीसावर विद्युतचुंबकीय लहरी पडल्यावर, त्याची अशी कांही मांडणी व्हायची की तो धातूचा कीस अेकत्र येऊन त्यांचा विद्युतविरोध पहिल्यापेक्षा खुप कमी होऊन, धातूनलिका मधून विद्युतप्रवाह सुरू व्हायचा. हा विद्युतप्रवाह नेह- मीच्या टेलीग्राफ सांऊंडरमधून किंवा मॉर्स प्रिंटरमधून नेलेला असायचा. त्यामुळे मॉर्स प्रिंटर सुरू झाला की, विद्युतचुंबकीय लहरींची निर्मिती झाली आहे असे समजून यायचे. या दोन साध्या उपकरणामध्ये मार्कोनीने कशी सुधारणा घडवून आणली हे आपल्याला, त्याने पारितोषिक वितरण समारंभानंतर दिलेल्या व्याख्या- नावरून चांगलेच समजून येते. मार्कोनीचा पिता इटालियन होता. तरी त्याची माता आयरिश असल्याने, त्याचे इंग्रजी भाषेवर चांगले प्रभुत्व होते व त्याने हे व्याख्यान इंग्रजीत दिले आहे.

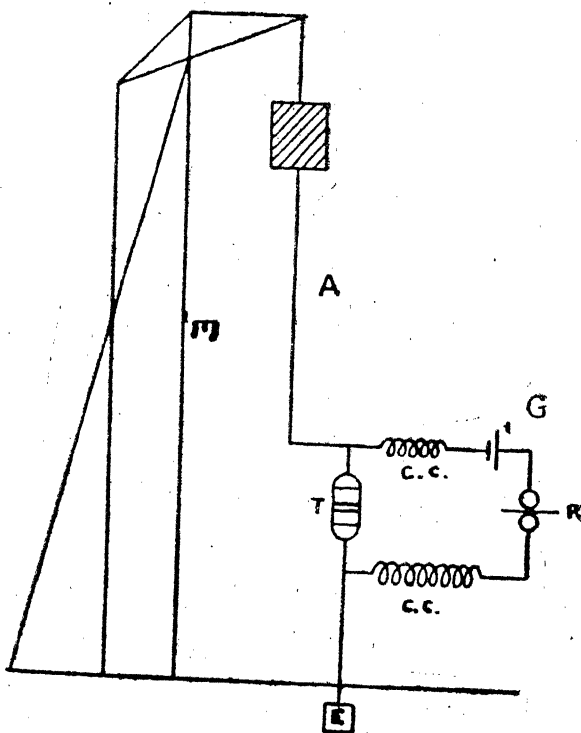
" साधा हर्टझ् ऑस्सलेटर व ब्रॅन्ले कोहरर किंवा डिटेक्टर या दोन उप- करणांच्या सहाय्याने माझे पहिले प्रयोग मी करुन पाहिले. लवकरच माझ्या ध्यानात आले की ब्रॅन्ले डिटेक्टरचे काम अनियमित असल्याने तो नेहमी वापरावा इतका विश्वासार्ह डिटेक्टर नाही. त्यामुळे डिटेक्टरमध्ये सुधारणा करण्याचे काम मी प्रथमत: हाती घेतले.

काही प्रयोग करुन पाहिल्यावर मला असे आढळले की नलिकेतील दोन चांदीच्या प्लगमधील छोटयाशा जागेत निकेल व चांदी यांचा कीस ठेवून कोहरर किंवा डिटेक्टर तयार केल्यास तो कोहरर जास्त कार्यक्षम व जास्त विश्वासार्ह होतो. कोहररमध्ये ही सुधारणा केल्यानंतर मी तो ज्या सर्किटमध्ये किंवा मंडला- मध्ये ठेवायचा त्यात सुधारणा केली. ज्या विद्युत चुंबकीय लहरी ऑस्सिलेटरमधून धाडायच्या त्याच्याशीच कोहररचे मंडल जुळवून घेतले. असे केल्याने विद्युत चुंबकीय लहरी टिपण्याचे काम मला साधारण अेक मैल अंतरावरुन करता येऊ लागले.

इतकी प्रगती झाल्यानंतर, सध्या सर्वांच्या परिचयाच्या असलेल्या उपकर-णांची मांडणी मी केली. कोहरर, व्होल्टाचा विद्युतघट आणि संवेदनाक्षम टेलिग्राफिक रिले मी अेका मंडलामध्ये आणले. हा टेलिग्राफिक रिले दुसरे एक मंडल सुरु करायचा किंवा बंद करायचा आणि त्यामुळे अेक टॅपर किंवा ठोके देणारे उपकरण व ते ठोके टिपून घेणारे उपकरण चालू राहायचे. ऑस्सिलेटरच्या किंवा ट्रॅन्समिटरच्या मंडलामध्ये मॉर्स टेलिग्राफची चावी ठेवून, थोडा किंवा अधिक वेळ विद्युत चुंबकीय लहरी निर्माण करणे शक्य व्हायचे. विद्युत चुंबकीय लहरी निर्माण केल्यानंतर, त्या टिपण्याचे काम ऑस्सिलेटरपासून बऱ्याच अंतरावर ठेवलेला कोहरर करु शकत असे व मॉर्स कोड द्वारा ऑस्सिलेटरमधून धाडलेले टेलिग्राफीक संदेश अगदी अचूकपणे जशाच्या तसे कोहरर देत असे. अशा प्रकारची व्यवस्था केल्यानंतर अर्धा अेक मैल अंतरापर्यन्त बिनतारी संदेश पाठवता येतात असे मला आढळून आले.

आकृती – ४ संदेश देण्याची यंत्रणा S – हर्टझ् आस्सिलेटर

यानंतर ऑस्सिलेटर किंवा ट्रॅन्समिटर व कोहरर किंवा रिसीव्हर म्हणजे संदेश देणाऱ्या व संदेश घेणाऱ्या उपकरण सामुग्रीत, विद्युतचुंबकीय लहरींचे परावर्तन करु शकणाऱ्या उपकरणांचा समावेश करुन व ते ट्रॅन्समिटर आणि रिसीव्हर यांच्या जोडीला वापरुन, मी त्या उपकरणांची उपयुक्तता वाढवली. ट्रॅन्समिटरसाठी मी रिघी ऑस्सिलेटर वापरला.

या सर्व सुधारणामुळे एका विवक्षित दिशेला संदेश पाठवणे शक्य झाले. पण ट्रॅन्समिटर आणि रिसीव्हर यांच्यामध्ये डोंगर किंवा डोंगरासारखा एखादा मोठा अडथळा असल्यास, या उपकरणांचा उपयोग होत नसे.

आकृती ५ – संदेश टिपणारी यत्रणा

१८९५ च्या ऑगस्ट महिन्यात, ट्रॅन्समिटर व रिसीव्हर यांची जास्त उपयुक्त रचना करण्यात मी यशस्वी झालो. उपकरणांच्या या नव्या रचनेमुळे पूर्वीपेक्षा जास्त अंतरावर संदेश पाठवणे शक्य झाले. तसेच ट्रॅन्समिटर व रिसीव्हर यांच्या-मध्ये डोंगरासारखा अडथळा असला तरी संदेश पाठवण्याचे व टिपण्याचे काम चालू ठेवता येऊ लागते.

हर्टझियन ऑस्सिलेटरचे किंवा स्फुल्लिंग देणाऱ्याचे एक टोक, पृथ्वीतळाला जोडून ठेवायचे आणि दुसरे टोक जमिनीपासून बऱ्याच उंचीवर ठेवलेल्या तारेला किंवा कपॅसिटी भागाला जोडून ठेवायचे. तसेच कोहररचे एक टोक पृथ्वीतळाला जोडून ठेवायचे आणि दुसरे टोक उंचावर ठेवलेल्या विद्युतवहनक्षम धातुला किंवा कपॅसिटी भागाला जोडून ठेवायचे अशी रचना, मी आताच सांगितल्याप्रमाणे जास्त उपयुक्त ठरली. ही रचना सोबतच्या दोन आकृतीमध्ये दाखवली आहे.

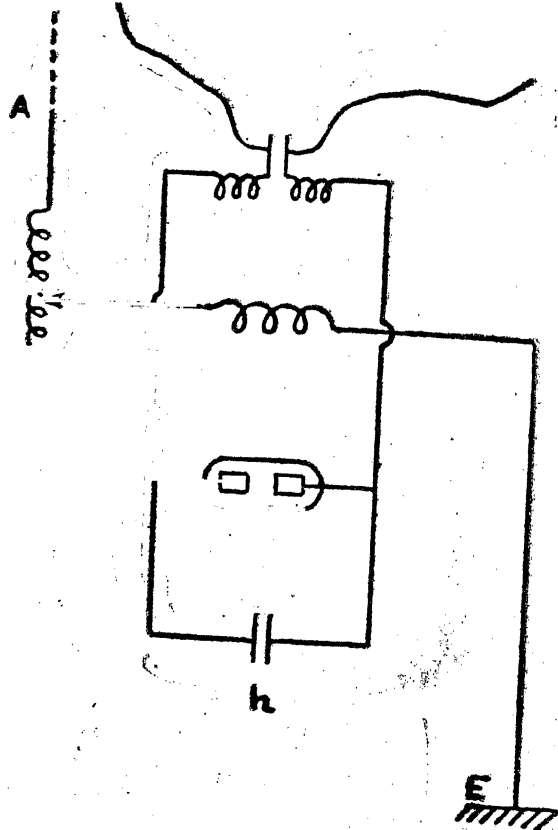
ही रचना केल्यानंतर, ट्रॅन्समिटर किंवा संदेश देणारा आणि रिसीव्हर किंवा संदेश ग्राहक यामधील अंतर आणि कपॅसिटीची पृथ्वीतलापासूनची उंची यांच्यात काही परस्परसंबंध आहे का हे मी पाहिले. कपॅसिटी जितक्या उंचावर ठेवावी तितक्या प्रमाणात संदेश धाडण्याचे अंतर वाढत जाते असे आढळले.

तीस सेन्टीमीटर कडांची लांबी असलेला टिनचा घन, कपॅसिटीसाठी वाप-रायचा असे मी ठरवले. हा टिनचा घन जमिनीपासून दोन मीटर उंचीवर ठेवल्यास, तीस मीटर अंतरापर्यंत संदेश पाठवता येतो; टिनचा घन चार मीटर उंचीवर ठेवल्यास, शंभर मीटरपर्यंत संदेश पाठवता येतो आणि टिनचा घन आठ मीटर उंचीवर ठेवल्यास चारशे मीटरपर्यंत संदेश पाठवता येतो,असे मला आढळले. याहून मोठा म्हणजे शंभर सेन्टीमीटर कडांची लांबी असलेला टिनचा घन कपॅसिटीसाठी वापरल्यास व तो आठ मीटर उंचीवर ठेवल्यास, चोवीसशे मीटरपर्यंत चारी दिशास संदेश पाठवता येतो असे आढळले.

हे माझे प्रयोग मी इंग्लंडमध्येही चालू ठेवले. सॅलिसबरी येथे मी ब्रिटिश सरकारच्या मदतीने १८९६ च्या सप्टेंबर महिन्यात केलेल्या प्रयोगात, संदेश धाडण्याचे अंतर मला पावणे दोन मैलापर्यंत वाढवता आले. १८९७ च्या मार्च महिन्यापर्यंत हे अंतर चार मैलापर्यंत गेले. तर आणखी दोन महिन्यानी म्हणजे १८९७ च्याच मे महिन्यात मला नऊ मैलापर्यन्त संदेश धाडता येऊ लागले.

या सगळ्या प्रयोगामध्ये, फारच थोडी विद्युतशक्ति वापरण्यात आली होती. नेहमीचे रुमकॉर्फ भेंडोळे वापरुन निर्माण केलेली विद्युतशक्तीच मी वापरली होती.

— — — —

१८९८ सालापासून, संदेश ग्रहण करणारा कोहरर किंवा डिटेक्टर वापर-ण्याच्या पद्धतीत मी थोडा फरक केला. डिटेक्टरचे अेक टोक उंचावर ठेवलेल्या कपॅसिटीला किंवा अेरियलला, व दुसरे टोक पृथ्वीतळापर्यंत न नेता मी तो डिटेक्टर, कंडेन्सर असलेल्या ऑस्सिलेशन ट्रान्सफॉर्मरच्या सेकंडरीला जोडला, आणि त्या ट्रान्सफॉर्मरची आंदोलने; संदेश घेऊन येणाऱ्या विद्युतचुंबकीय लहरींच्या आंदोलनाशी जुळवून घेतली. या ऑस्सिलेशन ट्रान्सफॉर्मरच्या प्रायमरीची टोके, उंचावरच्या तारेला आणि पृथ्वीतळाला जोडली होती.

आकृती ६ सिंटोनाईझ केलेली संदेश ग्राहक यंत्रणा

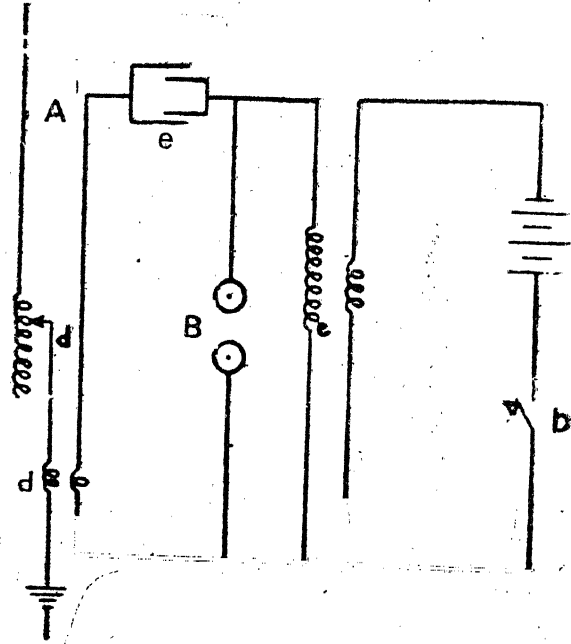
अशा प्रकारच्या व्यवस्थेमुळे संदेश ग्रहण करण्याच्या बाबतीत सुधारणा झाली, संदेश देणाऱ्या यंत्रणेच्या ॲन्टेनाच्या आंदोलनातील काळात फेरबदल करीत गेल्यास, आंदोलने जुळवून घेतलेल्या आंदोलनाद्वारे आलेला संदेश चांगल्या प्रकारे ग्रहण करता येऊ लागला. इतर आंदोलनाद्वारे आलेल्या संदेशाचा, अशा प्रकारे धाडलेल्या संदेशात मुळीसुद्धा अडथळा येत नाही असे मला आढळले. संदेश देणाऱ्या यंत्रणेच्या ॲन्टेनाची व रिसीव्हरची आंदोलने जुळवून घेण्याच्या पद्धतीला सिन्टोनायझिंग किंवा अेक आवाजी असे मी नाव दिले आहे.

ट्रॅन्समिटर किंवा संदेश देणारा आणि रिसीव्हर किंवा संदेश घेणारा यांची सर्व यंत्रणा व्यवस्थित करुन, मी त्या यंत्रणेचे १९०० मध्ये अग्रहक्क घेतले. या यंत्रणेत उंचावर असलेली कपॅसिटी आणि पृथ्वीतळापर्यंत तारेने जोडून घेणे किंवा अर्दिंग या गोष्टी होत्याच, शिवाय त्यांच्या जोडीला कन्डेन्सर, इंडक्टन्स असलेले एक ऑस्सिलेशन मंडल आणि अेक डिटेक्टर होता. या सर्व यंत्रणेने सुरळीत काम देण्यासाठी आणखी एका गोष्टीची जरूरी होती. उंचावरच्या कंडक्टरच्या विद्युत आंदोलनांचा काळ व कन्डेन्सर मंडलाच्या विद्युत आंदोलनाचा काळ परस्पराशी जुळवून घेतला पाहिजे आणि संदेश ग्राहकाची दोन्ही सर्किट किंवा मंडले आणि ट्रॅन्समिटरची किंवा संदेश देणाऱ्याची मंडले परस्पराशी जुळवून घ्यायला पाहिजेत. ही यंत्रणा सोबतच्या आकृतीत दाखवली आहे.

ऑस्सिलेटिंग मंडल आणि रेडिऑटिंग मंडल यातील अंतर कमीजास्त करून, ती परस्पराशी सैलसर जोडून घेतली होती. उंचावर ठेवलेल्या कंडक्टरच्या इंडक्टन्समध्ये फेरबदल करीत आणि कंडेन्सर मंडलाच्या कपॅसिटीमध्ये योग्य तो किंवा अनुरुप फेरफार करीत, ही दोन्ही मंडले परस्पराशी जुळवून घेतली होती. हे केल्याशिवाय ही सर्व यंत्रणा कार्यक्षम होत नाही.

कंडेन्सर मंडलाच्या जोडीला विद्युत चुंबकीय लहरी देणाऱ्या ॲन्टेना वापरण्याचे प्रयोग मी करीत असता, त्याच वेळी प्रो. ब्रॉन हेही तशाच प्रकारचे कार्य करीत होते. परंतु मी काय करीत होतो याची प्रो. ब्रॉन यांना कल्पना नव्हती व प्रो. ब्रॉन कोणत्या प्रकारचे प्रयोग करीत आहेत याची मला कल्पना नव्हती.

पृथ्वीचा वक्र पृष्ठभाग, विद्युत चुंबकीय लहरी दूरवर पाठविण्याच्या आड येणार नाही हा माझा समज आणि सिन्टोनिक पद्धत वापरल्यास इतर विद्युत

चुंबकीय लहरींचा अडथळा होत नाही हा अनुभव विचारात घेऊन, मी चार हजार किलोमीटरपर्यंत संदेश पाठवून, तो ग्रहण करता येतो की नाही हे पाहाण्याचा १९०० मध्ये प्रयोग केला. हा प्रयोग यशस्वी ठरला तर युरोप आणि अमेरिका यामध्ये बिनतारी तारायंत्राचे दळणवळण सुरु करता येईल असे वाटत होते.

आकृती ७ – इंडक्शनने जोडलेली यंत्रणा

इतक्या दूरच्या अंतरावर संदेश पाठवणे व ते ग्रहण करणे हे काम कोणत्या विशिष्ट परिस्थितीत घडवून आणता येते हे अचूक समल्यास विद्युतचुंबकीय लहरीद्वारा संदेश धाडणे व घेणे या विषयीचे आपले ज्ञान जास्त वाढेल असे मला वाटत होते.

कॉर्नवॉलच्या किनाऱ्यावर पोल्टु येथे संदेश धाडणारी यंत्रणा, मी आतापर्यंत सांगितलेल्या तत्त्वावरच उभारलेली होती. फक्त यापूर्वी वापरलेल्या

कोणत्याही यंत्रणेपेक्षा ती मोठ्या प्रमाणावर उभारलेली होती व ती जास्त कार्यक्षम होती.

यासाठी मी वापरलेल्या विद्युतनिर्मिती यंत्राची शक्ती साधारणपणे पंचवीस किलोवॅट होती.

संदेश धाडण्याचे व ग्रहण करण्याचे अंतर वाढविण्यासाठी मी केलेल्या प्रयोगावरुन संदेश दायकाच्या विद्युत ऊर्जेची शक्ती वाढवून भागत नाही. त्याच्या जोडीला संदेश देणाऱ्या व संदेश ग्रहण करणाऱ्या यंत्रणेची पृथ्वीतलापासूनची उंची व व्याप्ती वाढवणे जरुर आहे.

संदेश ग्रहण करणाऱ्या व संदेश देणाऱ्या यंत्रणासाठी जास्त जास्त उंचावर जाणे खर्चाचे असल्याने, मी त्या यंत्रणासाठी वापरायच्या तारांची संख्या व कपॅ-सिटी वाढविण्याचा निर्णय घेतला. त्यामुळे मोठ्या प्रमाणात वापरलेल्या उर्जेचा अत्यंत कार्यक्षमरीत्या उपयोग केला जाणार होता.

पोल्टु येथे संदेश देणाऱ्या यंत्रणेचे अॅन्टेना म्हणजे पंख्यासारख्या मांडलेल्या तारा विद्युतप्रवाह वाहून नेण्यास विरोध करणाऱ्या पदार्थाचा आधार देऊन ४८ मीटर व ६० मीटर उंचीच्या डोलकाठ्यांच्या मध्ये टांगून ठेवल्या होत्या. या सगळ्या तारा ४८ मीटर उंचीच्या डोलकाठीकडे अेका बिंदुकडे येत होत्या व ६० मीटर उंचीच्या डोलकाठीच्या बाजूला पसरत जात होत्या. ४८ मीटर उंचीच्या डोलकाठीकडून त्या तारा संदेश देणाऱ्या यंत्रणेला जोडल्या होत्या.

१९०१ सालच्या डिसेंबर महिन्याच्या पहिल्या आठवड्यात मी प्रयोगांना सुरवात केली. १२ डिसेंबर १९०१ ला इंग्लंडहून पाठविलेले संदेश अगदी निश्चितपणे आम्हाला न्यू फाउंडलंडमधील सेंट जॉन या ठिकाणी उभारलेल्या तात्पुरत्या संदेश ग्राहक स्थानकात टिपता आले.

फिलाडेल्फिया बोटीवरुन संदेश धाडण्याचे व संदेश टिपण्याचे प्रयोग करीत असता, योगायोगाने लक्षात आलेली अेक गोष्ट, वैज्ञानिक कुतूहल म्हणून आपल्या

नजरेस आणून देत आहे. रेडिओलहरींद्वारा दूरवर संदेश पाठवताना असे दिसून आले की दिवसाच्या उजेडाचा विद्युतलहरीवर काहीतरी परिणाम होऊन, त्या फार दूरवर धाडता येत नाहीत. पण रात्री त्याच यंत्रणेद्वारा दिवसा पाठवता येतात, त्याच्या दुप्पट अंतरापर्यंत विद्युतलहरी पाठवता येतात.

हे असे का होते यावर अद्यापी संशोधन झाले नाही, व त्याचे स्पष्टीकरण अजूनपर्यंत मला मिळालेले नाही.

सूर्याकडून ऋणकण अवकाशात फेकले जात असल्याने सूर्यप्रकाशात विद्युत-लहरींचे शोषण होते. प्रो. अर्न्हेनियस यांच्या उपपत्तीप्रमाणे पृथ्वीभोवतालच्या अवकाशातून पृथ्वीकडे ऋणकणांचे झोतच्या झोत येत असतील, तर पृथ्वीचा जो भाग सूर्याच्या सन्मुख असतो, त्या भागावरच्या वातावरणात, सूर्यापासून दूर असलेल्या भागावरच्या वातावरणाच्या मानाने जास्त ऋणकण असणारे आणि त्यामुळे सूर्यास सन्मुख असलेल्या भागामध्ये विद्युतलहरींचे जास्त शोषण होणार. त्याचा परिणाम म्हणजे दिवसा रेडिओलहरी पाठवायचे अंतर, रात्रीच्या मानाने जवळजवळ निम्म्याइतके असते.

ज्या अवकाशातून विद्युतलहरी जात असतात, त्या अवकाशात ऋणकण सोडल्यास, विद्युतलहरी ज्या दिशेने जात असतात, त्याच दिशेने ऋणकण जाऊ लागतात आणि त्यामुळे ते विद्युतलहरींची उर्जा काही प्रमाणात शोषण करतात असे सर जे. जे. थॉमसन यानी सिद्ध केलेले आहे. म्हणून प्रो. जे. अे. फ्लेमिंग यानी म्हटल्याप्रमाणे ज्या माध्यमातून ऋणकण व अयन जात असतात, तशा माध्यमातून जास्त लांबीच्या विद्युतलहरी जाण्यास थोडा बहुत अडथळा होतो.

विद्युत आंदोलनांच्या लहरींची लांबी आणि व्याप्ती यांचा विद्युत-लहरी पोचण्याच्या अंतराशी काही तरी संबंध आहे. लहरींची लांबी कमी पण व्याप्ती मोठी अशा लहरीवर सूर्यप्रकाशाचा जितका परिणाम होतो, त्या मानाने लहरींची लांबी जास्त पण व्याप्ती थोडी अशा लहरीवर सूर्यप्रकाशाचा कमी परिणाम होतो.

प्रो. फ्लेमिंग यांच्या म्हणण्याप्रमाणे ज्यांच्या लहरींची लांबी मोठी आहे अशा विद्युत आंदोलनावर सूर्यप्रकाशाचा जास्त परिणाम दिसून यायला पाहिजे. पण माझा अनुभव प्रो. फ्लेमिंगच्या अपेक्षेच्या विरुद्ध आहे. नुकत्याच पुन्या केलेल्या

प्रयोगात, आठ हजार मीटर लांबीच्या विद्युतलहरी मी वापरल्या. तेव्हा संदेश ग्रहण करणाऱ्या यंत्रणेने, रात्री जितकी ऊर्जा ग्रहण केल्याची नोंद मिळाली, त्यापेक्षा दिवसा जास्त ऊर्जा ग्रहण केल्याचे दिसून आले.

तरीसुद्धा हे मान्य केले पाहिजे की जहाजावरून संदेशाची देवाण घेवाण करीत असता, वापरण्यात येणाऱ्या कमी लांबीच्या विद्युत लहरींच्या बाबतीत निरभ्र आकाश आणि स्वच्छ सूर्यप्रकाश अशी परिस्थिती असली तरी ऋणकण व अयन अडथळा निर्माण करतात. धुक्यात जसे दूरवरचे दिसत नाही, त्याप्रमाण सूर्यप्रकाशात लघु रेडिओ लहरी दूरवर जाऊ शकत नाहीत.

रेडिओ लहरीविषयीचे आपले संशोधन व्यापारीदृष्टीने फारच फायदेशीर ठरणार आहे. याची मार्कोनीला पूर्ण कल्पना होती. त्याचे संशोधन अगदी पहिल्या प्रतीचे होते हे मान्य केले तरी संशोधनाचे पद्धतशीर शिक्षण न मिळालेला तो अेक हौशी वैज्ञानिक होता हे मान्य केले पाहिजे. त्या उलट नोबेल पारितोषिक मिळविण्यात त्याचा वाटेकरी ठरलेल्या प्रो. ब्रॉनना संशोधनाचे पद्धतशीर शिक्षण मिळाले होते. सैद्धान्तिक व प्रायोगिक क्षेत्रात त्याला उत्कृष्ट प्रकारचे शिक्षण मिळाले होते आणि हाती घेतलेल्या प्रश्नाचा सर्व बाजूनी विचार करण्याची त्याची पात्रता व तयारी होती. आपण लावलेल्या शोधांचे लगेच अग्रहक्क घेऊन आपल्या शोधावर पैसा करण्याची व्यापारी वृत्ती मार्कोनीमध्ये दिसून आली. ब्रॉन त्या उलट आपल्या शोधांच्या बाबतीत अग्रहक्क घेण्याच्या भानगडीत पडला नाही. पैशाची अपेक्षा न ठेवता, त्याने आपले शोध मोकळया व उदार अंतःकरणाने शास्त्रीय जगापुढे ठेवले. दोघांच्या वृत्तीतील फरकाचा परिणाम असा झाला की मार्कोनीचे नाव सर्वतोमुखी झाले. तर या उलट ब्रॉनने रेडिओ लहरीविषयक काही संशोधन केले आहे. हे बहुतेकाना माहित नाही. ब्रॉनचे नाव जरी फारसे प्रकाशात आले नसले, तरी स्ट्रासबर्ग मधल्या लहानशा प्रयोगशाळेत प्रो. ब्रॉनने केलेल्या प्रयोगामुळे सध्याचे रेडिओ अस्तित्वात आले.

- - - - -

चरित्र

कार्ल फर्डिनांड ब्रॉन

(१८५० – १९१८)

" बिनतारी तारायंत्राविषयीच्या संशोधनाबद्दल पारितोषिक "

प्रशियातील हेसे–नॅसॉ या प्रांतातील फुल्डा गावी ६ जून १८५० रोजी कार्ल फर्डिनांड ब्रॉनचा जन्म झाला. गावातल्या शाळेमध्येच त्याचे प्राथमिक व शालेय शिक्षण झाले. मारबर्ग व बर्लिन येथील विद्यापीठामध्ये त्याने विश्वविद्यालयीन शिक्षण घेतले. १८७२ मध्ये त्याने बर्लिन विद्यापीठाची पीअेच्. डी. पदवी संपादन केली. त्यानंतर वुर्झबर्ग विद्यापीठातील भौतिकीशास्त्राचे प्राध्यापक क्विन्के यांचा सहाय्यक म्हणून त्याने दोन वर्षे काम केले. त्यानंतर लाइप्झिग येथील सेंट थॉमस जिम्नॅशियममध्ये त्याने अध्यापनाचे दोन वर्षे काम केले. १८७६ मध्ये सोपपत्तिक भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून त्याची मारबर्ग विद्यापीठाने नेमणूक केली. ते काम त्याने १८८० पर्यंत केले. १८८० मध्ये स्ट्रासबर्ग विद्यापीठाने त्यास भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक नेमले. तेथे तो तीन वर्षे होता. १८८३ मध्ये कार्लसरुहे येथील टेक्निकल हायस्कूलमध्ये त्याची नेमणूक झाली. पण फक्त दोन वर्षाच्या तेथील वास्तव्यानंतर तो टच्युबिजेनला गेला. टच्युबजेनमधील फिझिकल इन्स्टिटच्यूटच्या स्थापनेत त्याचा सिंहाचा वाटा होता. टच्युबिजेन येथे दहा वर्षे काढल्यानंतर स्ट्रासबर्ग विद्यापीठाने भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक व तेथील फिझिकल इन्स्टिटच्यूटचा संचालक अशी नेमणूक केल्याने तो स्ट्रासबर्गला परतला. १८९९ मध्ये लाइप्झिग विद्यापीठाचे भौतिकशास्त्राचे प्राध्यापक गुस्ताव विडेमान यांचा मृत्यु झाल्याने, त्यांच्या जागेवर ब्रॉनची नेमणूक करण्याची तयारी लाइप्झिग विद्यापीठाने दाखवली. पण लायप्झिग विद्यापीठाच्या प्रलोभनाला बळी न पडता, ब्रॉन स्टासबर्ग येथेच राहिला.

पहिले महायुद्ध सुरू झाले, त्यावेळी तो अमेरिकेत होता. पुढे अमेरिकाही इंग्लंड, फरान्स या राष्ट्रांच्या बाजूने महायुद्धात भाग घेऊ लागल्यावर शत्रुराष्ट्राचा

नागरीक म्हणून त्यास स्थानबद्ध करण्यात आले. स्थानबद्धतेत असतानाच त्याचा न्यूयॉर्कमध्ये २० एप्रिल १९१८ रोजी मृत्यू झाला.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

लवचिक बारीक गज आणि दोऱ्यांच्या आंदोलनाविषयी संशोधन-प्रबंध लिहून ब्रॉनने पी अेच्. डी. पदवी संपादन केली होती. पुढे मारबर्गला आल्यानंतर तो एकदा या विषयाकडे पुन्हा वळला होता. घन पदार्थांच्या विद्राव्यतेवर दाबाचा परिणाम या विषयीचे उष्मगतिकशास्त्राच्या दृष्टीकोनातून केलेले एक तात्त्विक संशोधन व वर उल्लेखिलेले आंदोलन विषयक संशोधन या दोन संशोधना व्यतिरिक्त त्याचे सर्व संशोधन वीजविषयक प्रश्नासंबंधीच आहे. कॅथोड किरण नलिकेत सुधारणा करण्याविषयी त्याने एक संशोधन निबंध १८९७ मध्ये प्रसिद्ध केला. त्या संशोधनामुळे दर सेकंदास अेक लक्षाहूनही अधिक वारंवारता असलेल्या विद्युत आंदोलनांचा अभ्यास करणे शक्य झाले. प्रथमतः कन्डेन्सरच्या चकत्यामधून कॅथोड किरणांची एक सूक्ष्म शलाका पाठवण्यात येते किंवा एखाद्या वेटोळचाच्या अक्षाशी काटकोन करणाऱ्या दिशेने कॅथोड किरणांची शलाका पाठवण्यात येते. ही कॅथोड किरण शलाका नंतर स्फुरदीप्तीमान पडद्यावर पडू देतात. ती शलाका जेथे पडते तेथला पडद्यावरचा भाग प्रकाशमान होतो. आंदोलन पावणाऱ्या विद्युतक्षेत्रातून किंवा चुंबकीय क्षेत्रातून आल्याने कॅथोड किरण शलाकेमुळे पडद्यावर प्रकाशमान होणाऱ्या भागाची हालचाल होऊ लागते. ती कशी होत असते याची अचूक माहिती वेगाने चक्राकार फिरणाऱ्या एका आरशावर टिपली जाते. अशा प्रकारच्या उपकरण साहित्याला ऑस्सिलोग्राफ किंवा आंदोलनमापी म्हणतात. बिनतारी तारयंत्रासंबंधी संशोधन करीत ब्रॉनला हा आंदोलनमापी खूप उपयोगी पडला.

निरनिराळ्या पदार्थांच्या वैद्युती गुणधर्मांचा अभ्यास करीत असता काही स्फटिकाना काही वेगळेच गुणधर्म असल्याचे त्याला आढळले. त्या विशिष्ट गुणधर्मामुळे, ज्याला 'क्रिस्टल सेट' असे म्हणतात व ज्या सहाय्याने जवळच्या अंतरावरचे रेडिओ संदेश टिपता येतात त्या 'क्रिस्टल सेट' ची निर्मिती शक्य

झाली. दोन भिन्न मूलतत्त्वांच्या एक एक अणुपासून तयार झालेल्या संयुगाच्या स्फटिकामध्ये असा काही गुणधर्म असतो की त्या योगे त्या स्फटिकाचा एका दिशेने होणारा विद्युतविरोध, दुसऱ्या भिन्न दिशेने होणाऱ्या विद्युतविरोधापेक्षा जास्त असतो. असा स्फटिक आल्टरनेटिंग विद्युतप्रवाहाच्या (प्रवाहाची दिशा उलट सुलट होणाऱ्या विद्युतप्रवाहाच्या) मंडलात ठेवला तर तो स्फटिक एका दिशेने विद्युत-प्रवाह जाऊ देण्यास विरोध करतो व दुसऱ्या दिशेने विद्युतप्रवाह बिनविरोध जाऊ देतो. थोडक्यात असा स्फटिक व्हाल्व्हचे किंवा रेक्टीफायरचे काम करतो. १९०१मध्ये रेडिओ संदेश ऐकू येण्यापर्यंत प्रगती झाली. त्यावेळी ज्यांचा व्हाल्व्ह किंवा रेक्टी-फायर म्हणून उपयोग करता येण्याची शक्यता आहे अशा स्फटिकांची चांगली तांत्रिक चाचणी घ्यावी असे मत ब्रॉनने मांडले.

मार्कोनीने रेडिओ-संदेश पाठवण्याची जी पद्धत प्रथमतः बसवली तीमध्ये निरनिराळ्या प्रकारच्या त्रुटी होत्या. फार जलदीने डॅम्पिंग झाल्याने, संदेश म्हणून जो आंदोलने धाडली जायचीं, ती बहुतांशाने कमजोर असायची. शिवाय संदेश घेणाऱ्या स्थानकाकडे निरनिराळ्या स्थानकाकडून संदेश आल्यास, त्या प्रत्येकाच्या रेडिओ-लहरी एकमेकात अडथळा करायच्या. त्यामुळे संदेश नीट ऐकता येत नसत. १८९८ मध्ये ब्रॉनने जेव्हा बिनतारी तारायंत्रासंबंधी संशोधन करायला सुरवात केली, त्यावेळी त्याच्यापुढे वर उल्लेखिलेले दोन प्रश्न मुख्यतः होते. विद्युत स्फुल्लिग पाडण्यासाठी दोन टोकामधील अंतर वाढवण्याने काहीही फायदा होत नसून, उलट वाढलेले अंतर विद्युतस्फुल्लिगाने ओलांडण्यासाठी जास्त ऊर्जा खर्च होत असल्याने, धाडलेले संदेश कमजोर होतात हे त्यावेळीही माहीत झाले होते. एका वेगळ्या मंडलात विद्युत स्फुल्लिग पाडून, ते मंडल एरियलशी प्रत्यक्षपणे किंवा इंडक्शन पद्धतीने जोडून घेतल्यास किंवा त्या दोन्ही पद्धतीचे मिश्रण करुन जोडून घेतल्यास, पाठवलेले रेडिओ संदेश जास्त जोरदार होतील असे ब्रॉनला वाटत होते. ही कल्पना प्रत्यक्षात किती फलदायी होते हे पाहाण्या-साठी त्याने १८९९ च्या उत्तरार्धात व १९०० सालच्या पुर्वार्धात कुक्सहॅवन येथे बरेचसे प्रयोग केले. ते प्रयोग यशस्वी झाल्याने, संदेशांचा जोरदारपणा किंवा सामर्थ्य वाढवण्यासाठी काय केले पाहिजे ते आपोआपच ठरले. विद्युत स्फुल्लिग पाडण्याची सोय असलेल्या मंडलामध्ये कंडेन्सरची योजना करायची हे ब्रॉनने केलेल्या प्रयोगांचे वैशिष्ठ्य होते. त्याने केलेल्या प्रयोगात संदेश ग्रहण करणाऱ्या स्थानकात, एरियल व कंडेन्सर असणारे मंडल ही एकमेकाशी डायरेक्ट कपलिंग (सरळ-जोड) पद्धतीने जोडली होती. असे केल्यास संदेश देणाऱ्या स्थानकातून

येणारी आंदोलने, संदेश घेणाऱ्या स्थानकात जास्तीत जास्त तीव्रतेने येतात. शिवाय संदेश देणाऱ्या स्थानकाकडून येणाऱ्या आंदोलनांचा कालावधी व संदेश ग्रहण करणाऱ्या स्थानकातील आंदोलनाचा कालावधी अेकच असतो हा अेक विशेष फायदा आहे.

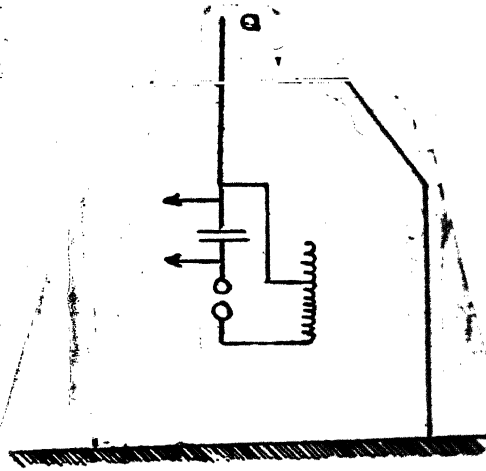
पुढील संशोधनासाठी स्ट्रासबर्ग येथे दोन संशोधन केन्द्रे उभारुन ब्रॉनने संदेश देणाऱ्या व संदेश ग्रहण करणाऱ्या यंत्रणा कोणत्या परिस्थितीत उत्तम प्रकारचे काम देऊ शकतील हे शोधण्याचा प्रयत्न केला. कपलिंगमध्ये असणारी तारांची मंडले दूर ठेवल्यास संदेश देणाऱ्या व संदेश घेणाऱ्या स्थानकातील आंदोलनाचा रेझॉनन्स वाढतो. (दोन्ही ठिकाणच्या आंदोलनांचा कालावधी अेकच व आंदोलनांच्या कलाही त्याच असल्याने आंदोलनांची तीव्रता वाढते व संदेश जास्त जोरदार आवाजात मिळतो.) दोन्ही स्थानकातील आंदोलनांचा रेझॉनन्स, कपलिंग-मधल्या तारांची मंडले दूर ठेवण्यावर अवलंबून असतो व काही ठराविक अंतरा-पर्यंतच तो वाढतो आणि त्यानंतर अंतर वाढल्यास कमी होऊं लागतो असे त्यास आढळले. बऱ्याचशा रेडिओ लहरींच्या बाबतीत त्याने कपलिंगमधून होणाऱ्या आंदोलनांचा शोध केला. हे संशोधन करता करता, ब्रॉनचा सहाय्यक डॉनिट्झ याने वेव्ह मीटर किंवा लहरी मापी यंत्र तयार केले.

१९०१ ते १९०५ या चार वर्षांच्या काळात, ब्रॉनने अेका विशिष्ट दिशेने रेडिओ संदेश पाठविण्याविषयी व एका विशिष्ट दिशेने आलेले संदेश ग्रहण करण्याविषयी, स्ट्रासबर्ग येथे बरेचसे प्रयोग केले. समभुज त्रिकोणाच्या तीन टोकावर तीन अँटेना उभारून, त्यातल्या दोन अॅन्टेनातील विद्युतप्रवाह अेकाच कलेत ठेवून व तिसऱ्या अॅन्टेनातील विद्युतप्रवाह एकचतुर्थांश कला मागे ठेवून, एका विशिष्ट दिशेला संदेश धाडण्याचे ब्रॉनने प्रयोग केले. आता वर्णन केल्याप्रमाणे अॅन्टेनांची मांडणी असली तर अॅन्टेनांच्या त्रिकोणाच्या उंचीच्या दुप्पट लहरींची लांबी असलेल्या रेडिओ लहरी पहिल्या दोन अॅन्टेनांच्या मध्ये व तिसऱ्या अॅन्टेनापासून दूर अशा दिशेने जाऊ लागतात असे ब्रॉनला आढळले. पृथ्वीतळाच्या पातळीशी १०° अंशाचा कोन करुन व रेडिओ लहरी येणाऱ्या दिशेकडे त्या अेरियलचा शीर्ष भाग ठेवल्यास, त्या दिशेने येणाऱ्या रेडिओ लहरी अशा अेरियलने टिपता येतात असे ब्रॉनला आढळले.

नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर ब्रॉनने जर्मन भाषेत दिलेल्या व्याख्यानात कपलिंग का व कसे करायचे याबद्दलची माहिती आली आहे. त्यातील काही संबंधित भागाचा अनुवाद खाली दिला आहे.

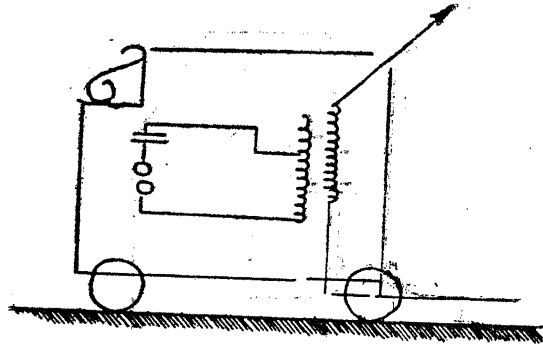
"१८९७ साली मार्कोनीनें इटलीच्या स्पेझिया बंदरात रेडिओ लहरी पंधरा किलोमीटर अंतरापर्यंत पाठविण्याचे प्रयोग केले. त्यानंतर त्याच वर्षात, मार्कोनीने वापरली त्यासारखीच यंत्रसामुग्री वापरून स्लॅबीने अेकवीस किलोमीटरपर्यंत संदेश पाठवून दाखविले. त्यासाठी त्यानें वायु भरलेल्या फुग्यांच्या सहाय्यानें वर उंचीवर चढवलेल्या तीनशे मीटर लांबीच्या तारा वापरल्या होत्या. संदेश पाठवण्याचे अंतर वाढवण्यात इतकी अडचण का येते हा प्रश्न साहजिकच शास्त्रज्ञापुढे उभा राहिला. पंधरा किलोमीटर किंवा त्याहून जरा जास्त अंतरापर्यंत मार्कोनीच्या यंत्रसामुग्रीने संदेश पाठवता येतात, तर संदेश पाठविण्यासाठी जास्त ऊर्जा खर्च केल्यास याहून जास्त अंतरापर्यन्त संदेश पाठवता आले पाहिजेत असा विचार साहजिकच मनात आला. परंतु केलेल्या प्रयोगावरुन असे दिसले की संदेश धाडण्याचे अंतर वाढवायचे असल्यास, ॲन्टेनाच्या लांबीत वाढ करावी लागते. त्यामुळे जास्त जोरदार संदेश पाठवण्याचा प्रश्न मी प्रथत: हातात घेतला.

बरेचसे प्रयोग केल्यानंतर मला जी माहिती मिळाली किंवा मला ज्या गोष्टी समजून आल्या, त्यावरून कोणते निष्कर्ष निघत होते? विद्युतस्फुल्लिंग पाडण्यासाठी जे अंतर वापरायचे त्या अंतराची लांबी कमी जास्त केल्यास त्याचा हर्टझियन आंदोलनावर लगेच परिणाम घडून येतो हे माहीत होते. विद्युतस्फुल्लिग पाडण्याच्या अंतराची लांबी वाढवल्यास, विद्युतस्फुल्लिंग कमी कार्यक्षम होऊन, हर्टझियन आंदोलनावर अनिष्ट परिणाम घडून येतो असे आढळले. हर्टझने या विषयीचे प्रयोग प्रथमत: केले त्यावेळीच ऑसिलेटरच्या आंदोलनावर काही तरी जबरदस्त दडपण येत असल्याचे त्याला आढळले होते. आपल्याला आढळलेली वैद्युती आंदोलने, बारीक लाकडी काठयांच्या परस्पराशी न जुळणाऱ्या श्राव्य आंदोलनासारखी आहेत असे त्यावेळी त्याने म्हटले होते. १८९१ मध्ये वैद्युती आंदोलनांचे सामर्थ्य डॅम्पिंगने किंवा दडपणाने किती कमी होते ते काढले होते. विद्युतस्फुल्लिगासाठी अगदी थोडे अंतर ठेवल्यास व सरळ रेषाकार ऑस्सिलेटर वापरल्यास, डॅम्पिंगमुळे किंवा दडपणामुळे वैद्युती आंदोलनांची लोगॅरिद्मिक त्रुटी ०.२६ येते तर विद्युतस्फुल्लिग पाडण्यासाठी पाच मिलीमीटर इतके अंतर ठेवल्यास, त्याच आंदोलनांची लोगॅरिद्मिक त्रुटी ०.४० येते असें त्यास आढळले होते. यावरुन व समजून आलेल्या इतर गोष्टीवरुन असे ठरले की विद्युतस्फुल्लिग पाडण्यामुळे, संदेश म्हणून धाडायच्या आंदोलनावर दडपण येते. लहान कपॅसिटी ठेवून विद्युतस्फुल्लिग पाडल्यास ऊर्जेचा बराचसा भाग त्या कार्यासाठीच वापरला

जातो. विद्युतस्फुल्लिगाची लांबी जितकी जास्त, तितक्या प्रमाणात त्या कार्यासाठी म्हणजे विद्युतस्फुल्लिग पाडण्यासाठी वापरला जाणारा ऊर्जेचा भाग वाढत जातो हे समजल्यास संदेश म्हणून धाडलेल्या आंदोलनावर दडपण का येते ते समजते. त्या उलट नेहमीच्या बंद मंडलात खूप मोठी कपॅसिटी वापरल्यास, तिचे विसर्जन आंदोलनात्मक असते ही गोष्ट बरीच वर्षे माहीत होती. साहजिकच मोठी कपॅसिटी मंडलात वापरल्यास, आंदोलनावर कमी दडपण येते. १८६२ साली फेडरसेन या संशोधकाने अशा आंदोलनांच्या वीस अर्ध कालमर्यादांचा फोटोग्राफही काढला होता.

आकृती – ८

प्रत्यक्ष कपलिंग असणारी संदेश देणारी यंत्रणा

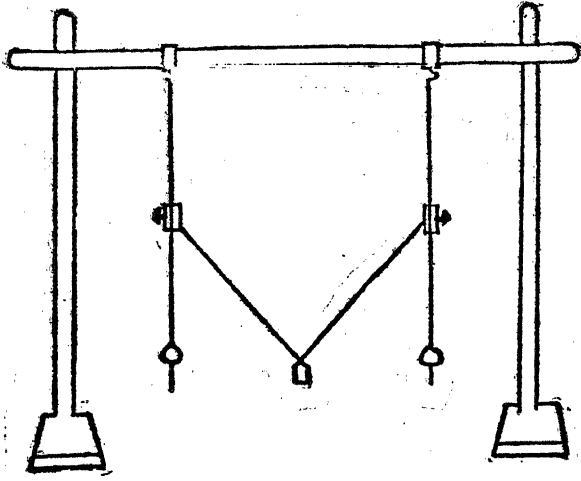
तेंव्हा साहजिकच अशा आंदोलनाकडे मी जास्त लक्ष दिले. कन्डेन्सरमध्ये खूप मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा साठवता येत असल्याने, उर्जेचे प्रारण काही वेळ तरी चालू राहील अशी आशा होती. या साऱ्या गोष्टींचा विचार करून, मी असा निष्कर्ष काढला की मार्कोनीच्या संदेशदायकामध्ये सुरवातीला जेवढा विद्युतभार असतो त्याच्या इतक्या मोठ्या कपॅसिटीच्या कन्डेन्सरच्या बंद मंडलाचा वापर करून,

विद्युतस्फुल्लिंग न देणाऱ्या अँन्टेनामध्यें विद्युतविभवाचीं आंदोलनें मिळवता आली तर रेडिओ संदेश जास्त दूरवर पाठवता येतील. पण हे सर्व आपण शक्यतेच्या कोटीत आणू शकू काय असा मोठा प्रश्न माझ्यापुढे होता. शिवाय असे संदेश दूरवर अंतरावर पाठवण्याचा प्रयत्न केल्यानंतरच एखाद्या गोष्टीचा विचार करायचा राहून गेला का ते ठरणार होते. उपयोगी पडतील अशी विद्युतमंडले वापरुन, व निर-निराळ्या अंतरापर्यंत रेडिओसंदेश पाठवण्याचे बरेचसे प्रयोग केल्यानंतर, दूर अंतरावर संदेश पाठविण्याविषयीच्या माझ्या कल्पना बरोबर असल्याचे समजून आले.

आकृती – ९

इंडक्टिव्ह कपलिंग असलेली संदेश देणारी यंत्रणा

त्यामुळे वापरायच्या यंत्रसामुग्रीची तीन प्रकारे मांडणी करणे शक्य आहे असे समजून आले. संदेश देणाऱ्या यंत्राचे इंडक्टिव्ह उत्तेजन, प्रत्यक्ष उत्तेजन व या दोन्ही पद्धतींचा समन्वय साधलेली मिश्र पद्धत या त्या तीन पद्धती होत. सोबत दिलेल्या पहिल्या आकृतीत प्रत्यक्ष उत्तेजन पद्धत दाखवली आहे व दुसऱ्या आकृ-तीत इंडक्टिव्ह उत्तेजन दाखवले आहे.

माझ्या संशोधनामुळे, जोडी जमवलेली मंडले, बिनतारी तारायंत्रामध्ये वाप-रायला सुरवात झाली. अशा जोडी जमवलेल्या विद्युतमंडलांच्या गुणधर्माविषयी थोडेसे बोलून मी माझे भाषण संपवणार आहे. यासाठी ओबरबेकने तयार केलेले

लंबकाचे मॉडेल हे गुणधर्म समजावून सांगण्यासाठी वापरणार आहे. हे मॉडेल मंडलांचे वैद्युती गुणधर्म समजण्यास पूर्णपणे उपयोगी पडते असे नाही. पण त्यावरुन विद्युतमंडलांचे गुणधर्म बऱ्याचशा प्रमाणात समजून येतील. सोबत ओबरबेकच्या लंबकांच्या मॉडेलची आकृती दिली आहे. एकच कालमर्यादा असलेले दोन लंबक वजन लावलेल्या दोऱ्याने एकमेकास जोडले आहेत असे त्या आकृतीवरुन दिसून यईल. स्थिर असलेला पहिला लंबक मी जरासा हलवला व सोडला तर त्याची गती दुसऱ्या लंबकाला प्राप्त होते. दुसऱ्या लंबकाची ऊर्जा क्रमाक्रमाने वाढत जाते व

आकृती – १०

' कपक ' केलेल्या यंत्रणेचे चित्रण

पहिल्याची कमी होत जाते व सरतेशेवटी पहिल्या लंबकाची सर्व ऊर्जा दुसऱ्या लंबकामध्ये येते. त्यानंतर हाच प्रकार उलटया क्रमाने घडून येतो; म्हणजे दुसऱ्याची ऊर्जा कमी होत होत पहिल्यात येते. पहिला लंबक जड व दुसरा लंबक हलका ठेवल्यास दुसऱ्या लंबकाच्या आंदोलनांचा विस्तार पहिल्या लंबकाच्या आंदोलनाच्या विस्ताराहून जास्त होईल. यातील पहिला लंबक म्हणजे कन्डेसर मंडल व दुसरे संदेश देणारे मंडल. माझ्या पद्धतीप्रमाणे यंत्रसामुग्रीची योजना केल्यास, कन्डेन्सर मंडलाची सर्व ऊर्जा संदेश देणाऱ्या मंडलाकडे येईल. कपॅसिटीचे परस्परप्रमाण बदलल्यास, वैद्युती तणाव कमी किंवा जास्त करता येईल.

संशोधनाचे परिणाम

पारितोषिके देण्यासाठी देणगी देताना, कोणाला पारितोषिके द्यायची याबद्दल एक महत्वाची अट आल्फ्रेड नोबेलने घातली होती. 'मानवाचे जास्तीत जास्त हित ज्याच्या संशोधनामुळे होईल,' त्याला ही पारितोषिके देण्यात यावीत असे त्याचे म्हणणे होते. संदेश देणे-घेणे, शिक्षण देणे आणि मनोरंजन करणे या तीनही क्षेत्रात रेडिओ किती उपयुक्त ठरला आहे हे पाहिल्यावर मार्कोनी व ब्रॉन याना नोबेल पारितोषिक मिळाले — ही एक अत्यंत योग्य घटना समजली पाहिजे. रेडिओच्या तांत्रिक उपयोगा विषयीच्या संशोधनातूनच 'रडार' चा शोध लागला आहे व त्याच्या तांत्रिक उपयोगांची संख्या दिवसेंदिवस वाढत आहे. टेलेव्हिजन किंवा दूरदर्शन हेही रेडिओ विषयीच्या संशोधनातून निघाले आहे.

१९१०

जोहानेस डिडेरिक व्हान डेर वाल्स

(१८३७–१९२३)

" वायु व द्रव यांच्या विषयीचे समीकरण मांडल्याबद्दल पारितोषिक "

चरित्र

हॉलंड मधील लेडन शहरी २३ नोव्हेंबर १८३७ रोजी जोहानेस डिडेरिक व्हान डेर वालसचा जन्म झाला. १८६२ ते १८६५ या काळात तो लेडन विद्यापीठाचा विद्यार्थी होता. त्यानंतर डिव्हेन्टर आणि दि हेग या गावी त्याने काही वर्षे शिक्षकाचे काम केले. १८७३ मध्ये त्याने पीअेच्. डी. पदवी संपादन केली. या पदवीसाठी त्याने सादर केलेला संशोधन–ग्रंथ इतका विद्वत्तापूर्ण होता की त्या ग्रंथाचे जर्मन (१८८१), इंग्लिश (१८८८) व फ्रेंच (१८९४] या भाषामध्ये भाषांतर झाले. १८९४ मध्ये आमस्टारडाम विद्यापीठात भौतिकीशास्त्राचा प्राध्यापक म्हणून त्याची नेमणूक झाली. त्या विद्यापीठात त्याने १९०७ साली कार्यनिवृत्त होईपर्यंत अध्यापनाचे कार्य केले. ९ मार्च १९२३ रोजी तो आमस्टरडाम येथे मृत्यु पावला.

पारितोषिकास पात्र ठरलेले संशोधन

पीअेच्. डी. पदवीसाठी व्हान डेर वालसने सादर केलेल्या संशोधन ग्रंथाचे नाव " द्रव व वायु स्थितींचे सातत्य " असे आहे. पदार्थ वायुस्थितीतून द्रव स्थितीत जात असताना, पदार्थाच्या कायिक गुणधर्मात फरक होत असला तरी पदार्थात मूलभूत फरक होत नाही हे त्या संशोधन ग्रंथाचे मुख्य सूत्र होते व हे

सूत्रच त्याच्या सर्व संशोधनात दिसून येते. नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर दिलेल्या व्याख्यानात त्याने म्हटल्याप्रमाणे वायुंच्या गतीक-उपपत्ती नीट व्यवस्थित मांडण्यात ज्यांचे प्रयत्न मुख्यत्वे करुन कारणीभूत झाले, त्या रुडॉल्फ क्लॉसियसचा अेक संशोधन निबंध वाचत असता, वायुस्थितीतून द्रवस्थितीत पदार्थ गेला तरी त्याच्या मूलभूत गुणधर्मात फरक होत नसावा ही कल्पना त्याच्या डोक्यात आली. वायुंच्या गतीक उपपत्तीप्रमाणे, वायुचे अणु मोठ्या वेगाने सारखे किंवा सतत इतस्तत: फिरत असतात. ज्या पात्रात वायु ठेवावा, त्या पात्राच्या अंतर्भागावर वायुचे अणु सारखे आदळत राहिल्याने वायुचा दाब निर्माण होतो. वायुचे तपमानही वायुच्या अणुंच्या सरासरी वेगावर अवलंबून असते. सरासरी वेग वाढल्यास तपमानही चढते किंवा वायुचे तपमान चढवल्यास वायुच्या अणूंचा सरासरी वेग वाढतो. वायूच्या या गतीक उपपत्तीतून दोन महत्त्वाचे नियम निघतात.

(१) स्थिर तपमानाला, काही ठराविक भार वायुचे घनफळ व त्याचा दाब यांचा गुणाकार स्थिर असतो. वायुचे घनफळ निरनिराळ्या दाबाखाली प्रत्यक्ष मोजून, रॉबर्ट बॉइलने हा नियम १६६२ मध्येच मांडला होता. बॉइलचा नियम या नावाने हा नियम ओळखला जातो.

(२) काही ठराविक भार वायू स्थिर दाबाखाली असल्यास, वायूचे घनफळ भागिले त्याचे केवळ तपमान या अपूर्णांकाचे उत्तर नेहमी अेकच किंवा स्थिर येते. (घनफळ / केवळ तपमान = स्थिरांक) $-$ २७३^{0} सेन्टिग्रेड म्हणजे 0^{0} केवळ तपमान असे धरुन व सेन्टिग्रेड डिग्रीमध्ये २७३^{0} डिग्री मिळवून वायूचे केवळ तपमान काढतात. चार्लसचा किंवा गे ल्युसॅकचा नियम या नावाने हा नियम ओळखतात.बॉइलचा नियम व चार्लसचा नियम हे दोन्ही नियम अेकत्र करुन $\frac{PV}{T} =$ किंवा $PV = RT$ असे समीकरण मांडण्यात येते. यात P म्हणजे वायूचा दाब, V म्हणजे वायूचे घनफळ व T म्हणजे केवळ तपमान होय. प्रयोगासाठी किती वायू घ्यावा, त्यावर R या वायुस्थिरांकाचे मूल्य ठरत असते. $\frac{PV}{T} = R$ या समीकरणास स्थितीसमीकरण म्हणतात, कारण त्यातील तीन गोष्टींच्या परस्पर संबंधामुळे वायूची स्थिती नक्की काय आहे ते समजते, या समीकरणास आदर्श वायू समीकरण म्हणतात. म्परंतु आदर्श वायू हे शब्द या समीकरणाच्या बाबतीत का वापरायचे ? कारण वायूचे तपमान, घनफळ व दाब कितीही असले, तरी वायूमध्ये होणारे फरक ज्यावेळी या नियमाप्रमाणे ठरत असतात, त्यावेळी अशा वायूला आदर्श वायू म्हणतात. किंवा $\frac{PV}{T} = R$ हा नियम फक्त आदर्श वायूना लावता येतो. एखादा

आदर्श वायू घेऊन, त्याचे घनफळ स्थिर ठेवून, निरनिराळ्या केवळ तपमानाला असणारा वायूचा दाब मोजून, केवळ तपमान आणि दाब यांचा आलेख काढल्यास आलेख एक सरळ रेषा मिळेल. ही सरळ रेषा वाढविल्यास, ती तपमान आसाला – २७३° से. ला किंवा ०° केवळ तपमानाला मिळेल. तपमान स्थिर ठेवून, वायुच्या घनफळाचा, बदलत्या दाबाशी आलेख काढल्यास रिक्टँगुलर हायपरबोली रेषा मिळते. पण अशा तऱ्हेचे आलेख केव्हा मिळतात? आदर्श वायूवर प्रयोग केले तरच असे आलेख मिळतात. परंतु वस्तुस्थिती अशी आहे की कोणताही वायू आदर्श वायू नाही– म्हणजे त्याची वागणूक आदर्श वायूसारखी नाही. माहित असलेल्या सर्व वायूंची वागणूक प्रत्यक्षात आदर्श वायूच्या वागणूकीहून भिन्न असते. कोठे वागणूकीतला फरक कमी असतो तर कोठे जास्त इतकेच. त्यातल्या त्यात वायूवरील दाब जास्त असल्यास, वायूच्या वागणुकीतील फरक विशेष करुन लक्षात येतो. प्रत्यक्षात कोणताही वायू आदर्श नसला, तरी आदर्श वायुची वागणूक कशी असावी याचा विचार करायला हरकत नाही. आदर्श वायुची अपेक्षित वागणूक व वायूंची प्रत्यक्ष वागणूक यातील फरकाकडे व्हान डेर वालसचे लक्ष गेले. वायूंची वागणूक आदर्श वायूसारखी नसण्याचे कारण शोधून काढले, तर दाब, तपमान व घनफळ यात काहीही फरक झाले तरी ते तिन्ही घटक सामावून घेऊन, वायूची वागणूक बदलत्या किंवा वाढत्या दाबाखाली कशी असेल हे बरोबर सांगणारे समीकरण मांडता येईल या हेतूने त्याने याविषयी जास्त सखोल विचार करायला सुरवात केली.

व्हान डेर वालसने प्रथमतः वायुंच्या गतीक उपपत्तीच्या आधारे या प्रश्नाचा विचार केला. या उपपत्तीच्या आधारे आदर्श वायुंच्या वागणुकीचे समीकरण मांडताना दोन गोष्टी गृहित धरल्या होत्या. (१) वायुंचे अणु बिन्दुसमान किंवा त्याहूनही सूक्ष्म आहेत. म्हणून त्याना काही तरी भार असला तरी त्यांचे घनफळ विचारात घेण्याची जरूर नाही. ते अगदी नगण्य आहे. (२) वायुंच्या अणुमध्ये परस्पराविषयी काहीही आकर्षण नसते. या दोन्ही गृहीत गोष्टींचा पुन्हा नव्याने विचार केला पाहिजे असे मत मांडून त्याने त्या गोष्टी –वायुंच्या अणुंचे घनफळ व वायुंच्या अणुंचे परस्परा विषयीचे आकर्षण–विचारात घेऊन अेक सुधारीत समी-करण मांडले. त्या समीकरणाच्या शोधाची कथा त्याच्याच शब्दात पुढे दिली आहे. नोबेल पारितोषिक वितरण समारंभानंतर जर्मन भाषेत दिलेल्या व्याख्या-नात त्या विषयीचा कथाभाग आला आहे.

" विद्यापीठाची पदवी पदरात पाडून, विद्यापीठाचा निरोप घेतल्यानंतर, १८५७ मध्ये क्लॉसियसने लिहीलेला उष्णतेवरचा ग्रंथ माझ्या वाचनात आला. तो ग्रंथ वाचल्यावर वायुस्थितीविषयी आपण काही तरी संशोधन करावे असे माझ्या मनात आले. वायुमध्ये बिंदूशी तुलना करता येतील असे नगण्य घनफळ असलेले कण असून, ते इतस्तत: सारखे फिरत असतात असे समजल्यास, त्यावरून बॉईलचा नियम मांडता येतो असे क्लॉसियसने त्या ग्रंथात दाखवले होते. वायुच्या या कणांचा वेग जवळ जवळ आवाजाच्या वेगाइतका आहे आणि वायुच्या केवळ तपमानाच्या वर्गमूळाशी संबंधित आहे व तपमानाच्या वर्गमूळाप्रमाणे तो बदलतो असे त्याने त्या ग्रंथात म्हटले होते. यानंतर पुढे मॅक्सवेलच्या संशोधनाने असे सिद्ध झाले की क्लॉसियस ज्याला वायूचा वेग म्हणतो तो वायूकणांचा सरासरी वेग आहे. वायुच्या सर्व कणांचा वेग एकच नसतो. काही कणांचा वेग जास्त असतो तर काहींचा कमी असतो.भिन्न भिन्न कणांच्या निरनिराळ्या वेगावरुन, त्यांचा सरासरी वेग कसा काढायचा हे आता मॅक्सवेलच्या नियमाच्या आधारे काढता येते.

क्लॉसियसचा ग्रंथ वाचून,माझ्या डोक्यात एकदम प्रकाश पडला व एक नवीन गोष्ट समजून आल्याचा आनंद झाला.पण त्याबरोबर माझ्या डोक्यात असे आले की वायुच्या घनफळाच्या मानाने वायुचे अणु बिंदुहूनही सूक्ष्म, नगण्य घनफळाचे असतील व सतत इतस्तत: फिरत असतील तर वायूचे घनफळ दाबाने कमी केल्यावर देखील ते अणू फिरत राहिले पाहिजेत; इतकेच नाही तर दाब वाढवीत वाढवीत वायुची घनता जास्तीत जास्त झाली तरी वायूचे अणू पहिल्यासारखेच इतस्तत: फिरत राहिले पाहिजेत. यापुढे माझ्या मनात असा विचार आला की द्रवामध्ये सुद्धा तीच स्थिती असली पाहिजे—म्हणजे द्रवाचे सुद्धा अणू सारखे इतस्तत: फिरत राहात असतील. या विचारापाठोपाठ मनात अशी कल्पना आली की वायुस्थितीतील व द्रवस्थितीतील वस्तुमात्रात मूलभूत फरक नाहीत. फक्त वायू-अणुंच्या इतस्तत: फिरण्याने व ते पात्राच्या अंतर्भागावर सारखे आपटत वा आदळत राहिल्याने वायूचा दाब निर्माण होतो. वायुच्या घनतेतील फरकाबरोबर व कदाचित तप-मानातील फरकाबरोबर वायू-अणुंच्या इतस्तत: फिरण्यावर व इतर गोष्टीवर परिणाम होत असावा. तरीसुद्धा हे सर्व परिणाम वायूस्थितीत व द्रवस्थितीत असलेल्या पदार्थांच्या बाबतीत चालू राहात असलेच पाहिजेत. त्यामुळे वायुस्थिती व द्रवस्थिती यामध्ये तसा मोठा मूलभूत फरक नाही, व त्या दोन्ही स्थितीत सातत्य असते असे माझ्या मनाने घेतले.

अविरल अवस्थेत सतत गती असणारा वायूच्या अणुंचा सच बॉइलच्या नियमाप्रमाणे वागत नाही याची कारणे माझ्या मताने दोन होती. (१) वायूच्या अणूंचे परस्पराविषयीचे आकर्षण (२) त्या वायुच्या अणूंचे स्वत:चे घनफळ. माझी प्रथमत: अशी कल्पना होती की वायुच्या अेकंदर घनफळातून (त्याने व्यापलेल्या घनफळातून), वायुच्या अणूंचे स्वत:चे घनफळ वजा केले व बाकी राहिलेले घनफळ बॉइलच्या समीकरणात वापरले तर त्या समीकरणाप्रमाणे वायुची वागणूक आहे असे दिसेल. पण जास्त संशोधन करता असे दिसून आले की वायुच्या अेकंदर घनफळातून, वजा करायचे अणूंचे स्वत:चे घनफळ अेकच असत नाही तर तो आकडा परिस्थितीप्रमाणे बदलत राहतो. वायुच्या अणूंचे स्वत:चे घनफळ " b " या अक्षराने दाखवायचे असे मी ठरवले. या " b " चे मूल्य, वायू अत्यंत विरळ अवस्थेत असता, वायुच्या स्वत:च्या प्रत्यक्ष घनफळाच्या चौपट असते. पण वायूवरील दाब वाढवीत, त्याचे घनफळ कमी करीत गेल्यास, " b " चे मूल्य कमी होऊ लागते, आणि सरतेशेवटी खूप दाबाखाली वायू – अणूच्या प्रत्यक्ष घनफळाच्या जवळ जवळ निमपट b चे मूल्य असते. वायु-अणुंच्या प्रत्यक्ष घनफळातला हा फरक कोणत्या गणिती सूत्राप्रमाणे होतो हे अद्यापी समजून आले नाही. स्थिती समीकरण मांडण्यात " b " चे बदलते मूल्य ही एक मोठी अडचण आहे. या विषयीचा विचार करताना प्रथमत: असे वाटले की वायू अणुंच्या मुक्त संचार मार्गात दाबामुळे होणारा फरक लक्षात घेतल्यास, म्हणजे वायू – अणु बिंदुसमान आहेत असे न समजता त्यांचे घनफळ लक्षात घेऊन वायू – अणुतील अंतर काढले म्हणजे वायूचे प्रत्यक्ष घनफळ त्यानी व्यापलेल्या घनफळाहून किती कमी आहे हे काढले तर कार्यभाग होईल. पण बोल्ट्झमनच्या संशोधनाने असे दिसून आले आहे की घनफळ मोजण्यातील ही सुधारणा पुरेशी नाही.

– – – – –

आता अणूमधील परस्पराकर्षणाचा विचार करु. या बाबतीतला विचार अजूनही पक्का झालेला नाही. लाप्लेसने मांडलेल्या सूक्ष्मनलिकाविषयीच्या उपपत्तीच्या अनुरोधाने विचार करुन अणूमधील परस्पराकर्षण किती असले पाहिजे हे काढले आहे. वायुच्या सर्व घनफळभर हे अणुमधील परस्पराकर्षण कार्य करीत असते व वायूघनफळाच्या अंतर्भागाकडे कार्य करणाऱ्या पृष्ठभागीय शक्तीवर व वायूचे अणू अेकत्र ठेवणाऱ्या वायूवरील दाबावर ते परस्पराकर्षण अवलंबून आहे असे त्याने ठरविले आहे. द्रवाचा विचार करताना, त्यातील अणू विचारात न

घेता द्रवामध्ये अेकप्रकारचे सातत्य असते असे धरुन, लाप्लेसने द्रवाविषयी विचार केला होता. खरे पाहता द्रवातील अणुमध्ये कोणत्याही प्रकारची हालचाल नाही अशी कल्पना करुन, अणूमधील परस्पराकर्षणाचा विचार न करता द्रवाच्या फक्त पृष्ठभागाचा विचार करणे योग्य होणार नाही. पण द्रवाचे सुद्धा अणू हालचाल करीत असतात. त्यामुळे द्रवाच्या घनफळाचा सर्व भाग द्रव अणूनी व्यापलेला नसतो. पण द्रवाचा विचार करताना, सरासरी घनतेचा द्रव, सर्व घनफळभर पसरलेला आहे व त्यान सर्व घनफळ व्यापलेला आहे असे आपण मानतो. या सान्या गोष्टींचा विचार करुन मी पुढील समीकरण मांडले.

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

हे समीकरण नेहमी पुढील प्रमाणे मांडतात.

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)\left(v - b\right) = RT$$

या समीकरणाची आदर्श वायूसाठी मांडण्यात येणाऱ्या $pV = RT$ या समीकरणाबरोबर तुलना करायला हरकत नाही. मी मांडलेल्या समीकरणात a म्हणजे वायुअणुंचे परस्पराविषयींचे आकर्षण व b म्हणजे वायुअणुंचे प्रत्यक्ष घनफळ किंवा वायु अणुनी व्यापलेल्या घनफळातून वजा करायचे घनफळ होय. माझ्या समीकरणात व आदर्श वायुच्या समीकरणात, p = वायुवरील दाब v = वायू अणुनी व्यापलेले घनफळ, T = वायुचे केवळ तपमान आणि R = स्थिरांक अशी मूल्ये आहेत. a व b ची निरनिराळ्या वायूंच्या बाबतीतील मूल्ये भिन्नभिन्न आहेत.

वायू अणूच्या परस्पराविषयीच्या आकर्षणामुळे. परस्पराकर्षण नसता वायू-अणू पात्राच्या अंतर्भागावर जितक्या वेळा आदळले असते, त्यापेक्षा कमी वेळा आदळतील. त्यामुळे वायूच्या अंतर्भागातील दाब वायूच्या मोजलेल्या दाबापेक्षा (a/v^2) या संख्येने जास्त असेल वायूवरील दाब वाढवीत गेल्यास वायूचे घनफळ 'v' कमी होत असते. त्यामुळे वायूवरील दाब वाढवल्यास (a/v^2) चे मूल्य वाढत असते. वायूवरील वाढत्या दाबाने (a/v^2) चे मूल्य वाढत जाऊन सरते शेवटी अशी परिस्थिती येईल की (a/v^2) चे मूल्य वायूवरील p या

दाबाइतके किंवा त्याहूनही जास्त होईल. असे झाल्यास वायू पात्रात ठेवण्यासाठी त्यावर बाह्य दाब देण्याची जरुरी नाही. त्याचा अर्थ त्याक्षणी वायूचे द्रवामध्ये रुपांतर झालेले असणार.

व्हान डेर वाल्सच्या या उपपत्तीचे वैशिष्ठच हे की ही उपपत्ती वस्तू-मात्राच्या वायुस्थितीत व द्रवस्थितीत वापरता येते. वायूचे द्रवामध्ये रूपांतर होत असते, त्यावेळी वायूच्या घनफळाचे (७ चे) मूल्य कमी होत असते. व अंत-र्भागीय दाब (a/v^2) चे मूल्य वाढत असते. पाण्याच्या अेका बिंदूमध्ये अंतर्भा-गीय दाब किती असावा याचे गणित मांडल्यास, तो अंतर्भागीय दाब दहा हजार वातावरण दाबाइतका आहे असे उत्तर मिळते. महासागराच्या तळाशी असणाऱ्या पाण्यावर जो दाब असतो त्याच्या दसपट हा अंतर्भागीय दाब असतो.

वायूवरील फक्त दाब वाढवीत जाऊन, त्याचे द्रवामध्ये रूपांतर करता येत नाही. वायूचे तपमान क्रिटिकल तपमान या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या तप-मानाहून कमी असले तरच, वायूवरील दाब वाढवून त्याचे द्रवात रूपांतर करता येते. कार्बन डाय ऑक्साईडचे क्रिटिकल तपमान ३१^0 से. आहे. त्यामुळे नेहमीच्या सर्व साधारण तपमानाला, कार्बन डाय ऑक्साईडचे फक्त दाबाच्या सहाय्याने द्रवामध्ये रूपांतर करता येते. पण ऑक्सिजनचे क्रिटिकल तपमान – ११८^0 से., नायट्रोजनचे – १४६^0 से., व हायड्रोजनचे – २३४^0 से. असल्याने हे वायू त्या त्या क्रिटिकल तपमानाखाली असल्याशिवाय त्या वायूवरील दाब वाढवून, त्याचे द्रवात रुपांतर करता येत नाही.सर्वसाधारण तपमानाला या वायूंचे द्रवामध्ये रुपांतर करता येत नाही असे आढळून आल्याने व क्रिटिकल तपमान ही कल्पनाच त्यावेळी अस्तित्वात नसल्याने, या वायूंचे कधीच द्रवात रुपांतर करता येणार नाही अशा समजूतीने फॅराडेने या तीन वायूना कायम स्वरूपी वायू म्हटले होते. ज्या जास्तीत जास्त तपमानाला वायूचे द्रवामध्ये रुपांतर करता येते. त्या तपमानाला वायूचे क्रिटिकल तपमान म्हणतात.क्रिटीकल तपमानाहून कमी तपमानाला वायूचे रुपांतर करता येईल हे उघड आहे, वायुच्या क्रिटिकल तपमानाला वायूचे द्रवात रुपांतर करण्यासाठी लागणाऱ्या कमीतकमी दाबाला क्रिटिकल दाब म्हणतात, व क्रिटिकल तपमानाला असणाऱ्या वायूच्या घनतेला क्रिटिकल घनता म्हणतात. अेक भागिले वायूची क्रिटिकल घनता म्हणजे वायूचे क्रिटिकल घनफळ समजतात. या क्रिटिकल तपमानाला वायुस्थितीतील किंवा द्रव स्थितीतील पदार्थांचे गुणधर्म मोठे मजेदार असतात. उदाहरणार्थ कार्बन डाय ऑक्साईड वायू क्रिटिकल तपमानाला, क्रिटि-

कल दाबाखाली असल्यास द्रव कार्बन डाय ऑक्साईड व कार्बन डाय ऑक्साईड वायू यात फरक करणे जवळ जवळ अशक्य आहे. वायुस्थितीत कार्बन डाय ऑक्साईड व द्रव कार्बन डाय ऑक्साइड यातला फरक दाखविणारा पृष्टभाग दिसत नसल्याने, त्या स्थितीत अेक प्रकारचे सातत्य आहे.

क्रिटिकल तपमान, दाब व घनफळ यांना त्या त्या पदार्थांचे क्रिटिकल स्थिरांक समजतात. स्थिती समीकरणातील a व b हे स्थिरांक वापरून, पदार्थांच्या क्रिटिकल स्थिरांकाचे मूल्य व्हान डेर वाल्सने काढले आहे. Vc म्हणजे क्रिटिकल घनफळ, Pc म्हणजे क्रिटिकल दाब व Tc म्हणजे क्रिटिकल तपमान असे समजल्यास, त्यांची मूल्ये $V_c = Zb.$ $P_c = \frac{a}{27b^2}$ आणि $T_c = \frac{8a}{27Rb}$

अशी येतात असे त्याने दाखविले आहे. वायूचे तपमान, त्यावरील दाब व त्याचे घनफळ त्याच्या क्रिटिकल तपमान, दाब व घनफळ याच्या मूल्यांचा गुणाकात मांडता येतात. तपमान $T = kT_c$, दाब $P = lP_c$ आणि घनफळ $V = mV_e$ असे म्हटल्यास. k,c,m हे गुणक असल्यास व Ve, Pc, व Tc ची मूल्ये a व b या स्थिरांकात मांडल्यास, व्हान डेर वाल्सचे समीकरण बीजगणिती पद्धतीने सोडवल्यास,

$$\left(1 + \frac{3}{m^2}\right)\left(m - \frac{1}{3}\right) = \frac{8}{3} k$$

असे समीकरण येते. या समीकरणात वायुंच्या भिन्नत्वाप्रमाणे भिन्न भिन्न मूल्ये असणारे a व b हे स्थिरांक नाहीत, तर k, l आणि m हे अनुक्रमे क्रिटिकल तपमान, दाब व घनफळ यांचे गुणक आहेत. या गुणकांची मूल्ये वायुंच्या प्रत्यक्ष तपमान, दाब व घनफळ यावर अवलंबून असतात. k, l व m या गुणांकाच्या सहाय्याने मांडलेल्या समीकरणाचा कोणता वायू किंवा कोणता द्रव परीक्षणासाठी घेतला आहे याशी काही संबंध नाही. याचा अर्थ परीक्षणासाठी घेतलेल्या दोन वायुंच्या l व m या दोन गुणकांची मूल्ये एकच असल्यास, दोन्ही वायुंच्या k या गुणकाचे मूल्य एकच असले पाहिजे.तसे नसल्यास व्हान डेर वाल्सच्या समीकरणास काही अर्थ राहणार नाही. दोन वायुंच्या l व m या गुणकांची मूल्ये एकच असून, एका वायुचे तपमान व दोन्ही वायूंची क्रिटिकल तपमाने माहीत असल्यास दुसऱ्या वायूचे तपमान किती आहे हे काढता येते. अशा रितीने एक वायू व त्या वायूवर दाब देऊन मिळवलेला द्रव यांची निरनिराळ्या तपमानाला व निरनिराळ्या

दाबाखालील वागणूक माहीत असल्यास, दुसऱ्या कोणत्याही वायूची किंवा द्रवाची निरनिराळ्या तपमानाला व निरनिराळ्या दाबाखाली काय वागणूक असेल हे सांगता येते. फक्त पदार्थाच्या क्रिटिकल तपमानाला, त्याचा क्रिटिकल दाब व क्रिटिकल घनफळ माहीत असले म्हणजे झाले. व्हान डेर वाल्सच्या समीकरणातून निघालेला समानस्थितीविषयक नियम हा त्याच्या संशोधनाचे उत्कृष्ट फळ आहे असे मानतात.

संशोधनाचा परिणाम

व्हान डेर वाल्सचे स्थितीसमीकरण सर्वांगीण विचार करता, एक आदर्श समीकरण आहे असे मानता येत नाही. ज्याच्या वायूविषयक गतिज उपपत्तीमुळे व्हान डेर वाल्सला संशोधनाची स्फूर्ती झाली, त्या क्लॉसियसने (मृत्यू १८८८) वायुविषयक संशोधन चालू ठेवले. कोणत्याही पदार्थाच्या ' a ' या स्थिरांकाचे मूल्य स्थिर नसून, तपमानाप्रमाणे त्याच्या मूल्यात फरक होतो असे क्लॉसियसने शोधून काढले. तसा काहीतरी प्रकार असावा असा व्हान डेर वाल्सच्या मनात संशय होता. पण 'a' चे मूल्य तपमानाप्रमाणे बदलते हे शोधून काढण्याचे कार्य क्लॉसियसने केले. पदार्थाच्या ' b ' या स्थिरांकाचे मूल्य तपमानाप्रमाणे बदलते हे व्हान डेर वाल्सने अगोदरच शोधून काढले होते.

व्हान डेर वाल्सच्या समीकरणात व त्या मागच्या तात्त्विक विचारसरणीत अपूर्णता असली तरी अेक अवघड प्रश्न सोडविण्याचा अेक महत्वाचा व बराचसा यशस्वी प्रयत्न या दृष्टीने व्हान डेर वाल्सच्या समीकरणाकडे पाहिले जाते. समान स्थितीविषयक नियम व व्हान डेर वाल्सचे मूळ समीकरण यांचा एकत्रित विचार वायुविषयी प्रयोग करीत असता महत्वाचा वाटतो. वायुंच्या कायिक गुणधर्मांच्या परिशिष्ठात, वायुंच्या क्रिटिकल स्थिरांकाव्यतिरिक्त त्या त्या वायुंच्या बाबतीतील a' व ,b' या स्थिरांकाची मूल्ये देतात. या उपपत्तीचा अेक मुख्य फायदा असा की वायूचे द्रवात रुपांतर करण्यासाठी किती तपमान असायला पाहिजे व त्या तपमा-नाला वायूवर किती दाब दिला पाहिजे हे सांगता येते. हायड्रोजन वायूचे द्रव हाय-ड्रोजनमध्ये रूपांतर करण्याचे देवरचे प्रयोग आणि हेलियम वायूचे द्रव हेलियम-मध्ये रूपांतर करण्याचे कामरलिंघ ओन्सचे (यास १९१३ साली नोबल पारितो-षिक मिळाले) प्रयोग या दोन महत्वाच्या संशोधनात, व्हान डेर वाल्सच्या समीकरणाचा फार मोठा उपयोग झाला. सध्याचे शीतकरणाचे तंत्र प्रगल्भावस्थेत आणण्याच्या कामीही हे समीकरण फार उपयोगी पडले आहे.